

AIMING HIGH

Concepção de Equipamento para Apoio a Animais com Limitações Motoras

Isabel Rego

Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Design de Produto

Documento final - Dezembro 2019

Orientador: Professor Doutor Henrique Armés

Co-orientador: Professor Doutor José Rui Marcelino

Juri:

Presidente: Professor Doutor Pedro Cortesão Monteiro

Vogal: Professor Doutor Paulo dos Santos Dinis

Agradecimentos

Como tutora, tenho o privilégio da minha numerosa e diversificada “família de patudos” ter vindo a ser acompanhada, nos últimos 20 anos, no Hospital Veterinário de São Bento. Foi a minha paixão pelos animais, aliada à profunda admiração pelo trabalho extraordinário do Professor Doutor Henrique Armés, no âmbito da cirurgia ortopédica, que motivou esta investigação.

Assim, gostaria de deixar o meu enorme agradecimento ao Professor Doutor Henrique Armés por ter aceite orientar esta investigação. Pela disponibilidade e interesse demonstrados neste projeto, mas também pelo seu espírito pioneiro e por, tal como eu, acreditar que a inovação poderia advir do improvável cruzamento destas duas áreas tão distintas, Medicina Veterinária e Design de Produto. Sou-lhe muito grata por tudo o que me ensinou sobre biomecânica, anatomia, e ortopedia. Acima de tudo, agradeço a sua amizade, paciência e boa disposição.

Agradeço ao Hospital Veterinário de São Bento e a todos os seus colaboradores a forma carinhosa como fui acolhida, num local que muitas vezes se tornou a minha segunda casa. Pela oportunidade de assistir a cirurgias e conviver com o dia-a-dia do hospital Veterinário, concedendo-me uma visão holística da profissão, e de como se desenrola o serviço desde que o animal dá entrada, até ao acompanhamento posterior à alta clínica. Esta vivência permitiu compreender também os anseios dos tutores, e a forma humana e carinhosa como toda a equipa se dedica. Todos eles, sem exceção, são excelentes profissionais e seres humanos.

Deixo também um agradecimento muito especial à enfermeira Liliana Gonçalves, que é uma profissional de excelência, e mesmo nas alturas mais complicadas e com maior volume de trabalho conseguia-me dar atenção e um sorriso.

Gostaria também de agradecer ao Doutor Jorge Mineiro, que acompanhou este projeto desde o momento zero, com quem pude sempre contar para esclarecer dúvidas, debater ideias ou simplesmente conversar. Sou-lhe eternamente grata pelo incentivo, ensinamentos de veterinária e, acima de tudo, pela amizade.

Tive o privilégio de ser co-orientada pelo Professor Doutor José Rui Marcelino, a quem agradeço cada minuto precioso de que prescindiu para me ajudar a organizar, aconselhar e orientar a escrita deste documento. Sei que não lhe facilitei a tarefa, mas felizmente conseguiu “domar-me”, tornando possível encontrar um equilíbrio entre a escrita e os protótipos.

Agradeço à Faculdade de Arquitetura, ao corpo docente de excelência que me acompanhou nestes últimos 4 anos e me ensinou tanto. Agradeço ao pessoal das oficinas, ao Sr. Francisco, ao Luís, à Isa e ao Ricardo a partilha de ideias, os ensinamentos, a amizade e o incentivo neste projeto. Agradeço também à equipa do LPR – Laboratório de Prototipagem Rápida da FAUL, Professor Doutor Pedro Januário, João Morais, Sol, Marco e à Arquiteta Susana Neves, a amizade, o entusiasmo e a disponibilidade com que sempre me acolheram e às minhas ideias, ajudando-me a materializá-las.

Agradeço aos meus colegas toda a partilha de conhecimentos, companhia, apoio e incentivo para prosseguir esta investigação. O caminho foi mais fácil ao lado deles.

Agradeço também ao designer Evangelos Agas a partilha de conhecimentos sobre tecnologias de prototipagem rápida, o seu entusiasmo com este projeto, e a disponibilização dos seus equipamentos para execução de protótipos e produtos finais.

Agradeço ao Arquiteto João Sousa do Vitruvius Fab Lab, no ISCTE, o profissionalismo, disponibilidade e amizade.

Como é que se agradece a uma mãe, a um pai, ou aos filhos? Creio que não cabe em palavras, por muitas linhas que se escreva. Talvez eu não tenha o dom da escrita, mas tenho o das emoções, e acredito que a melhor forma de lhes agradecer será fazê-los sentir tanto orgulho em mim como eu sinto por eles.

Sem o apoio dos meus pais não teria sido possível gerir a família e a investigação. Se escrevo estas linhas é porque sempre me apoiaram, acreditaram em mim e me incentivaram. Os meus filhos, o Salvador e o Santiago, são os maiores. São colegas de estudo, amigos e o meu suporte moral. São também quem me faz voar, e voltar à terra. Sem estas descolagens e aterragens não haveria o sonho, a realidade, nem o equilíbrio.

Obrigada aos meus amigos que estiveram ao meu lado, sempre que o tempo mo permitia. Sou grata pela confiança, pelo apoio e compreensão.

Um enorme agradecimento ao José Santos, grande amigo e companheiro de escrita, pela sua inexcedível ajuda na concretização deste documento.

Agradeço a toda a minha “família de patudos”, aos cães e gatos dos amigos, e a todos os animais que se cruzaram comigo na vida. Será um agradecimento incomum, mas é devido. O que aprendi com a convivência fez de mim quem sou. Por ser também cuidadora, e ter tido animais que, em idade avançada, tiveram dificuldades de locomoção, consigo compreender o que os tutores dos animais a quem se destina esta investigação sentem, e como ajudar.

Grata por todos os que acreditaram em mim, mesmo quando eu duvidei.

A todos vós, mais do que um muito obrigada, faço-vos uma vénia.

Resumo

Cada vez mais, os animais de companhia têm um papel determinante no bem-estar dos tutores e das suas famílias. O aumento do número de animais de companhia em todo o mundo é sintomático da importância destes na sociedade atual. Neste contexto, a incapacidade de locomoção, provocada por doença ou acidente, poderá condicionar fortemente o bem-estar e qualidade de vida dos animais e, em consequência, a dos seus tutores.

Este projeto tem como objectivo promover a mobilidade de animais com limitações motoras, através da conceção de equipamentos que devolvam a capacidade de locomoção, melhorando a qualidade de vida dos animais e aliviando a carga física e psicológica dos seus tutores. O projeto procura também preencher uma lacuna do mercado deste género de equipamentos, resolvendo a necessidade funcional, mas também a estética dos equipamentos, satisfazendo necessidades psicossociais dos tutores.

Ao longo da investigação, foi aplicado um processo sistemático para o design de próteses e outros equipamentos até à produção de produtos piloto, recorrendo à prototipagem rápida e posterior teste em animais com incapacidades físicas.

Para este estudo, optou-se por uma metodologia mista: intervencionista e não intervencionista, de carácter qualitativo e quantitativo. Após revisão da literatura, realizou-se um inquérito, para aferir necessidades de mercado neste sector. Na fase projetual aplicou-se o método RITE, finalizando com testes de usabilidade.

No final, concluiu-se que através das metodologias aplicadas, o Design pode contribuir para a conceção de auxiliares de locomoção para animais, tendo cumprido os objetivos propostos. A modelação 3D e a prototipagem rápida deram resposta sustentável e rápida, originando protótipos e produtos finais não só esteticamente mais apelativos como, principalmente, funcionais.

PALAVRAS CHAVE

Design de Próteses, Ortopedia Veterinária, Biomecânica, Mobilidade, Prototipagem Rápida.

Abstract

In our days, pets have a key role in the wellbeing of guardians and their families. The increase in the number of pets around the world is symptomatic of their importance in today's society. In this context, the locomotion disability, originated by illness or accident, may strongly condition the wellbeing and quality of life of pets and, consequently, of their guardians.

This project aims to promote the mobility of pets with physical limitations, by designing equipment that allow them to recover their ability to walk and improve their quality of life, as well as, relieve the physical and psychological burdens of guardians. This research also addresses a market gap in this kind of equipment, solving the functional need and also the aesthetic aspects of the equipment, meeting the psychosocial needs of guardians.

Throughout the investigation, a systematic process was applied to design the prostheses and other devices till the production of pilot products, using rapid prototyping and further testing on animals with physical disabilities.

In this research, a mixed methodology was applied: interventionist and non-interventionist, with qualitative and quantitative characteristics. After the literature review, a survey was conducted in order to assess this sector's market needs. The RITE method was applied in the project phase, ending with usability tests.

At the end, it was concluded that through the applied methodologies Design can contribute to the development of mobility aids for animals, having fulfilled the proposed objectives. The 3D modelling and rapid prototyping enabled a fast and sustainable response, leading to end products that are not only more aesthetic appealing but mainly functional.

KEYWORDS

Prosthetics Design, Veterinary Orthopaedics, Biomechanics, Mobility, Rapid Prototyping

Glossário

Assepsia – Conjunto de métodos que procuram evitar a introdução de micróbios sem recurso a agentes antissépticos.

Antissepsia – Recurso a produtos antissépticos.

Biocompatível – Que não causa danos ou rejeição no sistema biológico em que é introduzido.

Bioengenharia – Área em que os conhecimentos da engenharia são aplicados à questões das ciências biológicas e da saúde.

Biomecânica – Ciência que tem por objecto explicar, pela Física e pela Química, o maior número possível dos fenómenos vitais.

Biomecatrónica – Ramo da ciência que combina a biologia, a engenharia mecânica e a eletrónica.

Bioinerte – Material considerado inerte num sistema biológico.

Discapacidade – Limitação, dificuldade ou carência de afirmação das suas capacidades ou aptidões, que em conjugação com o meio ambiente causa uma limitação das suas funcionalidades.

Epizoóticas – Relativo a epizootia. Doença ataca em simultâneo muitos animais da mesma espécie na mesma zona.

Excepcionalismo – Ideia de que uma espécie, país, sociedade, instituição, movimento ou indivíduo é “excecional”. O termo implicação que é superior de alguma forma.

Feedback – Palavra inglesa que significa retorno de resposta ou reação a algo.

Input – Palavra inglesa que significa conjunto de informações que chegam a um sistema (organismo, mecanismo) e que este vai transformar em informações de saída.

Monómeros – Unidade que se repete na composição de um polímero.

Mutagénico – Agente químico ou físico que produz alterações no material genético.

Natufian – Caçadores recolectores sedentários que viveram entre 10 500 e 8 200 a.C.

Osteosynthesis – Tratamento de fraturas ósseas com recurso a parafusos, placas ou arames.

Pethics – Junção das palavras inglesas Pet (animal de estimação) e Ethics (ética)

Pleistoceno – Também conhecido como idade do gelo, é o período entre 2 590 000 a 13 700 a.C.

Polímeros – Macromolécula resultante da união de moléculas mais pequenas.

Propriocepção – Percepção ou sensibilidade da posição, deslocamento, equilíbrio, peso e distribuição do próprio corpo e das suas partes.

Termoplástico – Polímero artificial que por ação do calor se torna viscoso, podendo ser moldado.

Zoonoses – Nome genérico dado a doenças infecciosas dos animais, geralmente transmissíveis ao ser humano.

Último Período Glacial – Período entre 110 000 e 17 000 a.C.

Khiamian – Período entre 10 200 e 8 800 a.C.

Abreviaturas e Acrónimos

2D – Bidimensional

3D – Tridimensional

a.C. – Antes de Cristo

ABS – Acrylonitrile Butadiene Styrene

AI – Inteligência Artificial

AJM – Abrasive Jet Machine

AM – Addictive Manufacturing

ATL – Atividades de Tempos Livres

AWJM – Abrasive Water Jet Machine

CAD – Computer Aided Design

CAM – Computer Assisted Manufacturing

CAMV – Centro de Atendimento Médico Veterinário

CNC – Computer Numerical Control

DSA – Direct Skeletal Attachment

EMG – Electromiografia

FDM – Fused Deposition Modeling

GFK – Growth from Knowledge

HaP – Hidroxiapatite

HfG-Ulm – Hochschule für Gestaltung Ulm – traduzido do alemão significa Faculdade de Design Ulm

IPMC – Compósitos Iônicos de Polímero-Metal

KPI – Key Performance Indicator

OMV – Ordem dos Médicos Veterinários

OPRA – Osseointegrated Prostheses for the Rehabilitation of Amputees

PE – Polietileno

PEEK – Polyether Ether ketone

PLA – Políácido Láctico

PMMA – Poly Methyl Methacrylate

PP – Polipropileno

PPNA – Pre-Pottery Neolithic A – período entre 10 000 e 8 800 a.C.

PPNB – Pre-Pottery Neolithic B – período entre 8 800 e 6 500 a.C.

PR – Prototipagem Rápida

Psi – pound force per square inch

PVC – Polyvinyl Chloride

QoL – Abreviatura do inglês Quality of Life

R&D – Research and Development

RIM – Rapid Injection Molding

RM – Ressonância Magnética

SLA – StereoLithography Apparatus

SLS – Selective Laser Sintering

STL – StereoLithography File

TAC – Tomografia Axial Computorizada

TCP – Fosfacto Tricálcico

TPE – Elastómero Termoplástico

UI – Interface com o utilizador - do inglês User Interface

UV – Ultravioleta

WJM – Water Jet Machine

Índice Geral

Agradecimentos	III
Resumo	VII
Abstract	IX
Glossário	XI
Abreviaturas e Acrónimos	XIII
Índice Geral	XVII
Índice de Figuras	XXIII
Índice de Tabelas	XXVII

Capítulo I - Introdução 1

1.1 - Introdução	1
1.2 - Problemática	2
1.2.1 - Contextualização da Investigação	2
1.2.2 - Questões de Partida	2
1.3 - Objectivos	3
1.3.1 - Objectivos Gerais	3
1.3.2 - Objectivos Específicos	3
1.4 - Benefícios	3
1.5 - Factores Críticos de Sucesso	4

Capítulo II – Enquadramento Teórico	7
2.1 - Nota Introdutória	7
2.2 - Mercado	9
2.2.1 - Estatísticas	9
2.2.2 - Centros de Atendimento Médico Veterinário (CAMV)	11
2.2.3 - Mercado de Próteses para Animais	14
2.2.4 - Auxiliares de Locomoção com Rodas	15
2.3 - Veterinária	17
2.3.1 - Breve História da Ortopedia	17
2.3.2 - Ortopedia na Medicina Veterinária	19
2.3.3 - Casos de Estudo	21
2.3.4 - Pethics	28
2.4 - Ciências Sociais	31
2.4.1 - Antropologia	31
2.4.2 – Psicologia	33
2.4.3 – Etologia	34
2.5 - Tecnologias e Materiais	37
2.5.1 - A Prototipagem Rápida no Design de Produto	37
2.5.2 – Próteses Humanas	45
2.5.3 - Materiais e Tecnologias para Próteses	52
2.6 - Design de Produto	61
2.6.1 - Introdução	61
2.6.2 - Design Centrado no Utilizador	63
2.6.3 - Design para a Manufatura e Assemblagem	63
2.6.4 - Design Inclusivo	64

2.6.5 - Design para a Discapacidade	64
2.6.6 - Metodologias do Design	66
Referências Bibliográficas do Capítulo	69
 Capítulo III - Desenho da investigação	 81
3.1 - Metodologias da Investigação	81
3.2 - Organograma do Processo de Investigação	82
Referências Bibliográficas do Capítulo	83
 Capítulo IV - Projetos Piloto	 85
4.1 - Prótese para Gato	85
4.1.1 - Caso Clínico	85
4.1.2 - Requisitos do Produto	86
4.1.3 – Pesquisa	86
4.1.4 - Protótipos e Testes	89
4.1.5 - Análise de Resultados	97
4.2 - Cadeira de Rodas para cão	99
4.2.1 - Caso Clínico	99
4.2.2 - Requisitos do Produto	99
4.2.3 – Pesquisa	100
4.2.4 - Protótipos e Testes	100
4.2.5 - Análise de Resultados	108

4.3 - Prótese para Cão	111
4.3.1 - Caso Clínico	111
4.3.2 – Requisitos	112
4.3.3 – Pesquisa	112
4.3.4 - Protótipos e Testes	113
4.3.5 - Análise de resultados	114
Referências Bibliográficas do Capítulo	115
 Capítulo V - Conclusões e Recomendações	 117
5.1 - Conclusões	117
5.2 - Recomendações	118
5.3 - Disseminação	118
Referências Bibliográficas do Capítulo	121
 Bibliografia	 119
 Anexos	 139
Anexo A - Desenhos Técnicos	
Anexo B - Tabela de Testes	
Anexo C - Pareceres sobre a prótese ER8	
Anexo D - Vídeo Sempes - (em suporte digital)	
Anexo E - Vídeo Uzi - (em suporte digital)	

Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama do contexto teórico da investigação	7
Figura 2 - Representatividade de animais domésticos nos lares em Portugal Continental	9
Figura 3 - Importância do animal doméstico nos lares de Portugal Continental	10
Figura 4 - Número de CAMV por distrito	11
Figura 5 - Número de cirurgias por região (apenas relativo aos respondentes)	12
Figura 6 - Motivos para a eutanásia perante a necessidade de amputação	13
Figura 7 - Frequência de procura de soluções para melhoria da qualidade de vida dos animais com paraplexias	13
Figura 8 - Motivos para a eutanásia dos animais com paraplexias	14
Figuras 9 e 10 - Auxiliares de locomoção Dog Locomotion	16
Figura 11 - Talas com cerca de 5000 anos encontradas em Naga-ed-Der, no Egito	17
Figura 12 - De humani corporis fabrica de Vesalius	18
Figura 13 - Próteses para cão, do início do sec. XX	20
Figuras 14 e 15 - Águia-real antes e depois da aplicação da prótese	21
Figura 16 - Órtese desenvolvida para apoio a lesão nos nervos	22
Figura 17 - RX do crânio antes da intervenção	23
Figura 18 - Órtese aplicada	23
Figura 19 - Duke com a prótese aplicada	24
Figura 20 - Tartaruga marinha após aplicação de maxilar em titânio	24
Figura 21 - Tieta, o tucano, antes da intervenção	25
Figura 22 - Tieta após receber a prótese do bico	25
Figura 23 - Órtese aplicada na barbatana ferida	26
Figura 24 - Derby com o auxiliar com rodas	27
Figura 25 - Derby com as próteses customizadas	27
Figura 26 - Diagrama cronológico dos períodos de desenvolvimento humano	31
Figura 27 - Mulher a amamentar um esquilo, Tribo Awa, Amazónia, Brasil	32

Figura 28 - Funcionamento de aparelho de SLA	39
Figura 29 - Funcionamento de um aparelho de SLS	40
Figura 30 - Funcionamento de uma impressora FDM	40
Figura 31 - Fresadora CNC em funcionamento	41
Figura 32 - Cortadora a laser em funcionamento	42
Figura 33 - Molde de alumínio	43
Figura 34 - Ligação da prótese ao utilizador	44
Figura 35 - Protótipo impresso em 3D	44
Figura 36 - Membro protésico encontrado na múmia de Tabeketenmut, do antigo Egipto	45
Figura 37 - Prótese de dedo de 600 a.C	46
Figura 38 - Prótese de perna de 300 a.C	46
Figura 39 - Prótese de Gotz von Berlichingen	47
Figura 40 - Prótese de perna desenvolvida por Paré, em 1575	48
Figura 41 - Prótese desenvolvida por James Potts para o Marquês de Anglesey	48
Figura 42 - Endo-exo prótese (DSA)	50
Figura 43 - Funcionamento de sistema e-OPRA	50
Figura 44 - Utilizador com prótese e-OPRA	50
Figura 45 - Caracterização de compósitos iónicos de polímero-metal (IPMC)	54
Figura 46 - Piralux	54
Figura 47 - Mão biónica em titânio e fibra de carbono	55
Figura 48 - Prótese de pé em polímeros	56
Figura 49 - Prótese de pé em fibra de carbono	56
Figura 50 - Recobrimento cosmético da prótese de um pé	57
Figura 51 - Oscar Pistórius utilizando as próteses	58
Figura 52 - Prótese biónica	58
Figura 53 - Smart glasses	59
Figura 54 - Processo de design – diagrama double diamond	61

Figura 55 - Processo de design – adaptação do diagrama Double Diamond (Design Council, 2007) – Autora	62
Figura 56 - Diagrama do processo do Design para manufatura e montagem	63
Figura 57 - Diagrama das metodologias utilizadas no design (Autora)	66
Figura 58 - Organograma do processo de investigação (Autora)	82
Figura 59 - RX da gata Sempes após implante da endo-exo prótese	85
Figura 60 - Anatomia do gato	87
Figura 61 - Andamentos do gato doméstico (Autora)	87
Figura 62 - Posições dos gatos domésticos (Autora)	88
Figura 63 - Conceito PA (Autora)	90
Figura 64 - Conceito PB (Autora)	90
Figura 65 - Conceito PØ (Autora)	90
Figura 66 - Modelo PØ (Autora)	91
Figura 67 - Ensaio com o modelo PØ (Autora)	91
Figura 68 - Ensaio com o modelo PØ (Autora)	91
Figura 69 - Conceito P1 (Autora)	92
Figuras 70 e 71 - Representação tridimensional do modelo R2 (Autora)	92
Figuras 72 e 73 - Sistema de fixação do modelo R2 (Autora)	93
Figuras 74, 75 e 76 - Ensaio do modelo R2 (Autora)	93
Figura 77 - Próteses modelo R2 em diferentes versões	93
Figura 78 - Simão a usar o modelo R2	94
Figura 79 - modelo RR (autora)	95
Figura 80 - Quebra de material no modelo RR	95
Figura 81 - Modelo ER8 (Autora)	96
Figura 82 - Simão com ER8 - sola em TPE e estrutura em filamento de nylon com fibra de carbono (Autora)	96
Figura 83, 84, 85 e 86 - Sequência de imagens da Gata Sempes a usar as ER8 (Autora)	97
Figura 87 - Uzi alguns dias após a cirurgia, com suporte dos membro paralisados (Autora)	99
Figura 88 - Modelo tridimensional do Uzi (Autora)	101

Figura 89- Esboço do conceito base (Autora)	101
Figuras 90, 91 e 92 - Estudo de sistemas (Autora)	101
Figura 93 - Modelo tridimensional da estrutura da cadeira de rodas e do Uzi (Autora)	102
Figuras 94 e 95 - Modelo tridimensional da estrutura da cadeira de rodas e do Uzi (Autora)	103
Figura 96 - Modelo tridimensional da estrutura da cadeira de rodas com arco de apoio destacável (Autora)	104
Figuras 97 e 98 - Simulação 3D do sistema colapsável (Autora)	104
Figura 99 - Fabricação do molde em MDF (Autora)	105
Figura 100 - Fabricação de ferragens (Autora)	105
Figura 101 - Preparação do molde (Autora)	105
Figura 102 - Preenchimento com fibra (Autora)	105
Figura 103 - Lixagem das laterais (Autora)	106
Figura 104 - Polimento das peças (Autora)	106
Figura 105 - Ferragem aberta (Autora)	106
Figura 106- Ferragem a fechar (Autora)	106
Figura 107 - Preparação dos têxteis (Autora)	106
Figura 108 - Forro em espuma de PE (Autora)	107
Figura 109 - Montagem de componentes (Autora)	107
Figura 110 - Saco para transporte (Autora)	107
Figuras 111, 112 e 113 - Ensaio da cadeira de rodas no Hospital Veterinário de São Bento (Autora)	108
Figuras 114, 115, 116 e 117 - Imagens do vídeo enviado pelos tutores do Uzi, presente no anexo E	108
Figura 118 - Anatomia do cão	111
Figura 119- Modelação 3D da prótese base (Autora)	113
Figura 120 - Pormenor da textura da sola (Autora)	113
Figuras 121 e 122 - Representação tridimensional da prótese num cão amputado (Autora)	113
Figuras 123 e 124 - Protótipo de testes impresso para o primeiro ensaio no Thor (Autora)	114

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Aplicações clínicas de biomaterias	53
Tabela 2 - Tabela resumida de testes e materiais	89

Capítulo I - Introdução

1.1 - Introdução

Este projeto visa promover a mobilidade de animais de companhia com limitações físicas, através da conceção de equipamentos que permitam devolver a capacidade de locomoção.

Pretende-se aliar o design à paixão pelos animais, aproveitando a experiência pessoal, enquanto tutora de cães e gatos, e a oportunidade de colaborar com o Hospital Veterinário de São Bento. O objectivo é criar soluções eficazes para devolver a mobilidade aos animais com incapacidades físicas, e que, simultaneamente, sejam visualmente agradáveis para os seus tutores e respetivos círculos sociais.

A pertinência deste tema não se resume ao interesse pessoal, mas como resposta a uma necessidade do mercado relativamente a este género de produtos. Cada vez mais, o animal de companhia revela-se importante no bem-estar da família, sendo uma preocupação para os tutores a sua saúde, longevidade e qualidade de vida.

A partilha de espaço habitacional com os humanos aporta uma preocupação com aspetos estéticos dos acessórios associados ao animal, tais como comedouros, camas ou coleiras. Verifica-se, no entanto, que nos equipamentos relacionados com a área da saúde, como colares isabelinos ou cadeiras de rodas, existe pouca ou nenhuma preocupação estética.

O tema em foco está relacionado com a especialidade de ortopedia veterinária, sendo as tipologias de produtos a desenvolver neste projeto próteses e um auxiliar de locomoção com rodas. Tendo em consideração que, quer pelas especificidades de cada caso clínico, morfologia e etologia de cada animal, quer pelo grau de customização deste género de dispositivos, é fundamental o contacto direto com os animais e a orientação técnica por parte do médico veterinário que os acompanha.

Pela variedade de sistemas e materiais disponíveis, e pela rapidez com que permitem a materialização de projetos, serão exploradas tecnologias de prototipagem rápida tanto no decorrer do processo de investigação, como na conceção dos produtos finais.

1.2 - Problemática

1.2.1 - Contextualização da Investigação

Os animais de estimação ocupam uma posição cada vez mais relevante nos lares portugueses. As implicações afetivas resultantes desta presença refletem-se numa necessidade do mercado, que procura produtos e serviços que promovam a saúde, longevidade e bem-estar destes animais.

Constatando-se a importância do animal de companhia no seio familiar, bem como os laços afetivos que unem animal e tutores, a longevidade e bem-estar deles torna-se fundamental. Numa situação em que o animal de companhia tem limitações motoras, para além de perder mobilidade e autonomia, cria, ao seu cuidador, uma sobrecarga. Esta sobrecarga para além de física, afeta o bem-estar psicológico da família. A perda de mobilidade de um animal de estimação gera privação comportamental, uma das principais causas da perda de qualidade de vida. Esta questão afeta os respetivos tutores, tanto do ponto de vista psicológico, pela ligação emocional, como fisicamente devido à sobrecarga a que ficam obrigados ao transportar e gerir as necessidades fisiológicas do animal.

Verifica-se também que apesar da medicina veterinária ter acompanhado os desenvolvimentos científicos e tecnológicos e, do ponto de vista da prática médica, ter alcançado um nível elevado, nem sempre tem disponíveis no mercado produtos com as características que permitiriam dar a resposta adequada aos seus pacientes e respetivos tutores. Exemplos desta situação são a inexistência em Portugal de um fabricante de próteses e órteses, ou de uma oferta diversificada de bons auxiliares de locomoção com rodas para animais com limitações motoras.

O aumento na procura do melhor acompanhamento veterinário possível, o crescente número de Clínicas e Hospitais veterinários e de marcas, produtos e serviços para animais, provam que existe interesse do mercado no desenvolvimento de produtos relacionados com a saúde, mobilidade e bem-estar dos animais. A inexistência de soluções economicamente acessíveis e que devolvam a mobilidade do animal, torna-se uma das principais causas da eutanásia.

1.2.2 - Questões de Partida

Para direcionar esta investigação, colocam-se as seguintes questões:

- Como pode o Design contribuir para a conceção de próteses para animais amputados?
- Será viável conceber auxiliares de locomoção para animais com limitações motoras recorrendo à Prototipagem Rápida?

1.3 - Objectivos

1.3.1 - Objectivos Gerais

- Contribuir para a redução do número de eutanásias relacionadas com limitações motoras dos animais;
- Promover a qualidade de vida e mobilidade aos animais com limitações motoras;
- Disponibilizar produtos que permitam aos médicos veterinários entregar soluções completas aos seus Clientes;
- Melhorar a qualidade de vida dos tutores, enquanto cuidadores e satisfazer as suas necessidades psicossociais relativamente à estética.

1.3.2 - Objectivos Específicos

- Design de próteses e auxiliares de locomoção para animais;
- Contribuir para a introdução do Design na medicina veterinária;
- Utilizar tecnologias de prototipagem rápida na conceção de protótipos e produtos finais;
- Identificar formas, materiais e tecnologias que se adequem a uma sistematização, mantendo a premissa da customização que este género de produtos exige;
- Encontrar soluções economicamente viáveis, considerando durabilidade, grau de customização e esperança de vida do animal;
- Explorar e identificar as metodologias do Design que melhor se adequam para permitir a otimização e replicação dos processos.

1.4 - Benefícios

Esta investigação pretende auxiliar animais com discapacidades motoras e os seus tutores em diferentes níveis da qualidade de vida, sobretudo nos aspetos de saúde e sociais.

O contributo no aspeto da saúde é a devolução da autonomia e mobilidade do animal amputado, tal como o restabelecimento do bem-estar emocional do mesmo, por ter sido ultrapassada a privação comportamental. O contributo para a melhoria dos aspetos sociais está inerente aos requisitos dos

equipamentos, tais como funcionalidade, manutenção e relação com o ambiente físico, promovendo uma melhor harmonia das relações sociais, familiares e externas, do animal e do seu tutor.

Outro beneficiário é a classe profissional médica veterinária, que, para além de cuidarem física e psicologicamente dos animais, necessitam apresentar soluções que preencham as necessidades e cuidem dos anseios dos tutores. A existência de equipamentos, como os que se procuram alcançar nesta investigação, contribui para soluções da prática clínica e aumento dos padrões de qualidade e prestígio.

A disponibilidade de soluções pós diagnóstico não são por si só suficientes, sendo relevante o contributo da celeridade de execução da prototipagem rápida, permite responder de forma rápida às necessidades referidas, reduzindo o período de desconforto do animal, isto é, entre o diagnóstico e a entrega do auxiliar de locomoção. Acrescenta-se a facilidade de reproduzir uma peça a partir do seu desenho CAD, o que permite a rápida substituição do equipamento ou qualquer um dos seus componentes, em caso de quebra ou dano.

A entrada do Design de Produto em sectores de atividade inexplorados ou menos evidentes, permite acrescentar valor e abre portas para futuras intervenções do design, criando um maior leque de oportunidades profissionais nesta área.

A aplicação do Design de Produto em novos sectores de atividade permite a esses sectores desenvolver novas perspetivas e formas de estar no negócio, tal como se demonstra nesta investigação em prol da medicina veterinária.

1.5 - Factores Críticos de Sucesso

Factor crucial para o bom desenrolar da investigação é o contacto direto com casos clínicos de animais amputados e o conhecimento profundo dos mesmos. Também, a boa relação e comunicação entre a investigadora, o veterinário especialista e respetiva equipe clínica são essenciais para o desenvolvimento do projeto.

A seleção crítica de metodologias adequadas à resolução dos problemas é fundamental para a obtenção de resultados satisfatórios, com rapidez.

Para materialização dos modelos experimentais e protótipos são indispensáveis ferramentas e software apropriados, bem como o acesso a equipamentos e materiais.

Após a concretização do produto final, a validação do mesmo por parte do veterinário especialista é determinante, assim como a aceitação pelo animal e a satisfação do respetivo tutor.

O acompanhamento do caso após entrega do protótipo final irá permitir a consolidação da informação respeitante aos resultados da investigação.

Capítulo II – Enquadramento teórico

2.1 - Nota Introdutória

Esta investigação relaciona-se com várias áreas do conhecimento, sintetizadas na figura 1.

Numa primeira fase, procurou-se obter informação de mercado relativa à área da veterinária. Mapeou-se a quantidade e distribuição geográfica de centros de atendimento médico veterinários (CAMV), tal como, a taxa de crescimento anual do negócio. Foi aferido o número aproximado de animais de estimação existentes nos lares portugueses, e a posição que ocupam no seio familiar.

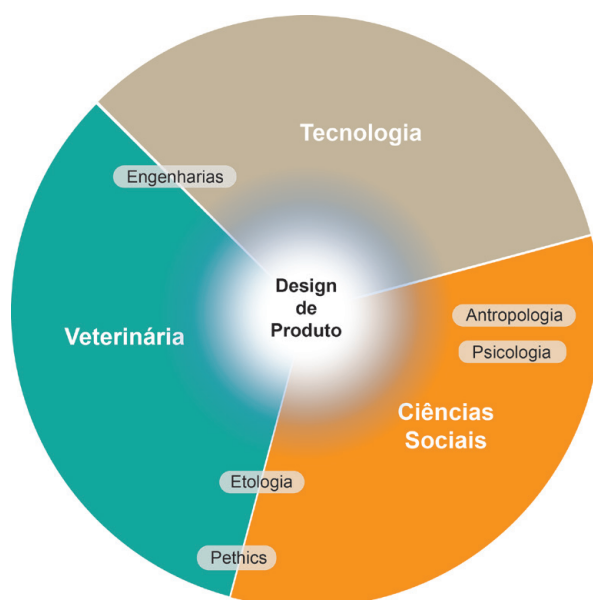


Figura 1 - Diagrama do contexto teórico da investigação

Através de um questionário, enviado para os CAMV, foi possível conhecer a realidade atual, em Portugal, no que diz respeito a cirurgias, amputações e diagnósticos de paraplexias e, também, quais são os principais motivos que levam os tutores de animais com limitações motoras a optar pela eutanásia do seu cão ou gato.

Efetuiu-se uma análise à oferta no mercado nacional relativa a próteses e auxiliares de locomoção com rodas.

Houve necessidade de explorar, do ponto de vista histórico e evolutivo, a ortopedia, a medicina veterinária e o surgimento de próteses para animais.

Procurou-se entender, do ponto de vista filosófico, de que forma a ética, na medicina veterinária, é aplicada aos animais de estimação. Ainda, procurou-se saber como se aplica a ética relativamente aos animais selvagens e aos que são considerados utilitários, como animais de laboratório ou criados para consumo humano.

Numa perspetiva antropológica, analisou-se a evolução histórica do relacionamento do ser humano com os animais e identificaram-se factores sociais e culturais que interferem na proximidade afetiva desta relação.

Abordou-se a psicologia, com o objectivo de entender o cariz da relação entre tutor e animal, a posição e importância que o animal de companhia assume no seio familiar e os benefícios que advêm desta interação.

A etologia, ramo da psicologia orientado para o comportamento animal, ajudou a compreender padrões comportamentais e capacidade de adaptação a discapacidades físicas dos animais e em que medida a privação comportamental lhes causa sofrimento e prejudica a qualidade de vida.

Foi abordada a temática da prototipagem rápida, com o intuito de esclarecer o seu enquadramento histórico, e o impacto no design de produto. Identificaram-se tecnologias, materiais e aplicações.

2.2 - Mercado

2.2.1 - Estatísticas

O mercado tem interesse no desenvolvimento de produtos relacionados com a saúde e bem-estar dos animais, conforme demonstram tanto o aumento da procura pelo melhor acompanhamento veterinário possível, tal como o crescente número de Clínicas e Hospitais veterinários e, também, de marcas, produtos e serviços para animais.

Em Portugal, de acordo com Ratanji (2018), Diretor-Geral da VetBizz Consulting, desde 2012 o mercado veterinário tem vindo a ter uma taxa anual de crescimento média de 11,5%. Em termos de volume de negócios, o mercado veterinário alcançou 173 milhões de euros em 2017, o que corresponde a um crescimento de aproximadamente 12,9% em relação ao ano anterior. Atualmente, os indicadores de performance (KPI) apontam para uma taxa de crescimento de 16%.

O crescimento do negócio justifica-se, parcialmente, com o aumento do número de animais de estimação nos lares portugueses, que se estima serem aproximadamente 6,2 milhões. Por outro lado, cada vez mais o animal de estimação se revela importante no bem-estar da família, pelo que os tutores têm uma preocupação ativa pela sua saúde, longevidade e qualidade de vida.

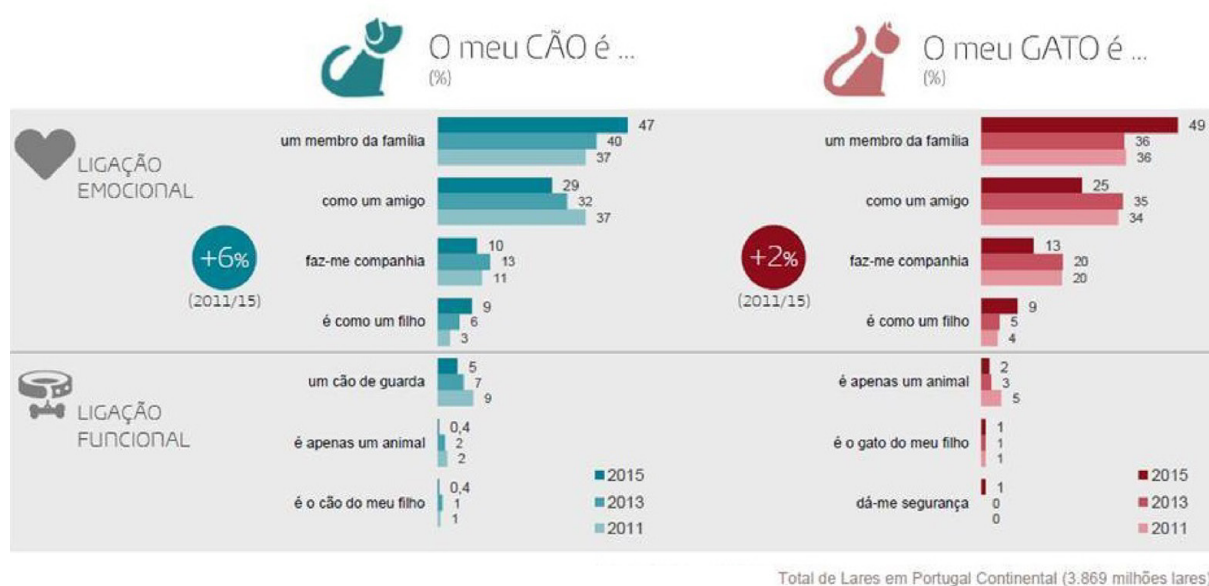
Em 2015, existia, pelo menos, um animal de estimação em cerca de 2 milhões (54%) de lares portugueses (Azevedo, 2015), a maioria são cães (38%), seguindo-se os gatos (20%), os pássaros (9%), os peixes e outros (4%). Estas são algumas das conclusões de um estudo da GfK (GfKTrack.2Pets), baseado numa amostra de 1250 entrevistas presenciais, cujo objectivo era aferir a penetração e população de animais de estimação em Portugal (Pinto, 2015).



Fonte: (Monteiro, 2015)

Figura 2 - Representatividade de animais domésticos nos lares em Portugal Continental

As alterações dos núcleos familiares, e as evidências de que os animais de estimação contribuem para o bem-estar físico e psicológico, explicam o crescimento do mercado e a transformação da ligação afetiva. Na maioria dos lares, os animais de estimação são considerados um membro da família ou equiparados a um amigo (Azevedo, 2015). De acordo com Adam (2017), os jovens adultos, por um conjunto de factores sociais, como a falta de casa própria, estabilidade profissional e segurança financeira, tendem a adiar a decisão de ter filhos, tomando os animais este lugar.



Fonte: (Azevedo, 2015)

Figura 3 - Importância do animal doméstico nos lares de Portugal Continental

Um outro factor distintivo da geração millennial é o facto de ser mais focada e preocupada com a saúde e bem-estar, com extensão aos seus animais de estimação.

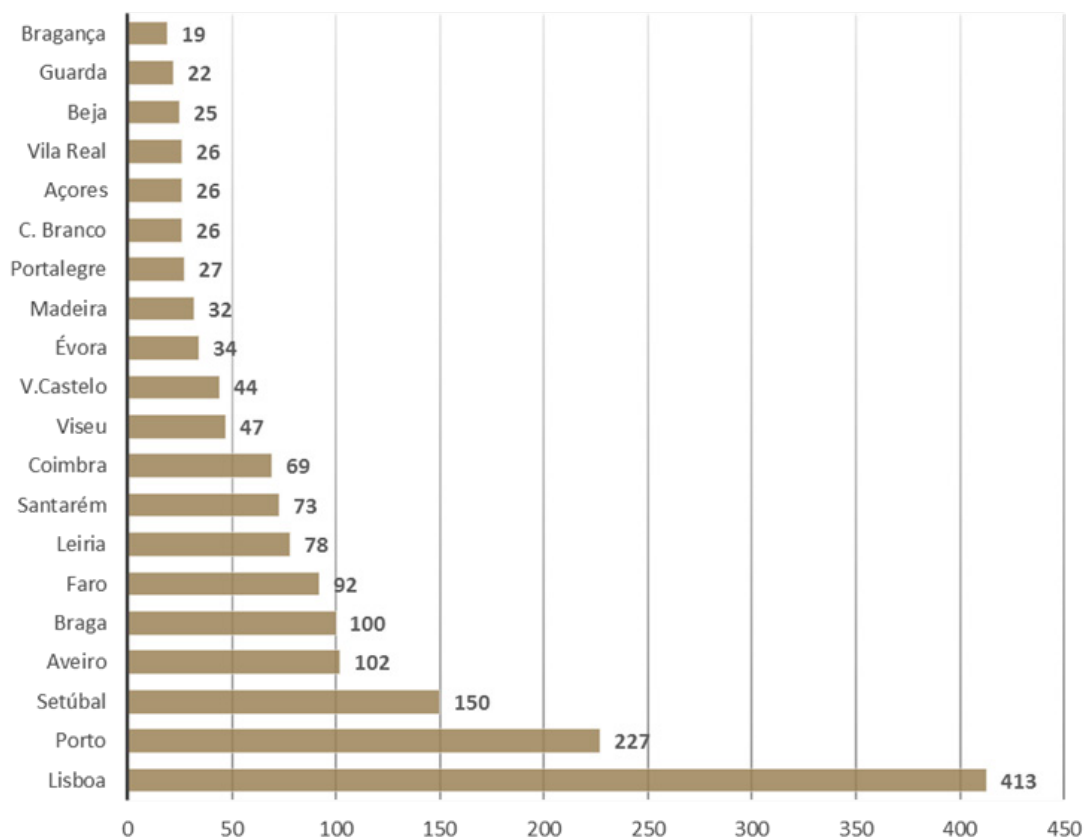
Em Portugal, 91% dos cães e 72% dos gatos visitam regularmente o veterinário. São cada vez menos alimentados com restos de comida e é privilegiada a ração seca (76% nos cães e 69% nos gatos), cabendo às rações premium 32% da quota de mercado (Adam, 2017; Azevedo, 2015).

Os serviços de grooming, pet-sitting, hotéis, ATL e escolas estão entre os diversos serviços oferecidos para animais de estimação, em Portugal. Também é possível, em várias companhias de seguros, fazer seguros de saúde para os animais.

Estas ofertas surgiram porque o mercado o exigiu, demonstrando que a área da saúde veterinária tem interesse comercial e procura. Considera-se importante proporcionar novos produtos tendo em conta as necessidades dos utilizadores e as dos seus tutores enquanto consumidores.

2.2.2 - Centros de Atendimento Médico Veterinário (CAMV)

De acordo com dados da Ordem dos Médicos Veterinários (OMV), atualizados em agosto de 2019, existem em Portugal 1632 CAMV, estando distribuídos da seguinte forma:



Fonte: (OMV, 2019)

Figura 4 - Número de CAMV por distrito

Considerando a relevância para a investigação, foi efetuado um inquérito na forma de questionário, e enviado para 400 CAMV em Portugal (continental e ilhas). Pretendeu-se apurar, relativamente ao 1.º semestre de 2019, qual o número de cirurgias realizadas e, destas, quantas cirurgias ortopédicas e/ou amputações, qual o número aproximado de animais amputados e diagnosticados com paraplegias, qual o número de eutanásias diretamente relacionadas com amputações e paraplegias e quais os principais motivos que fizeram os tutores de alguns destes animais optar pela eutanásia.

Foram obtidas respostas de 63 Clínicas e Hospitais veterinários. Nestes CAMV foram realizadas 7569 cirurgias no primeiro semestre de 2019 e, destas, 800 foram cirurgias ortopédicas (10,7%), sendo que 113 casos resultaram em amputações.

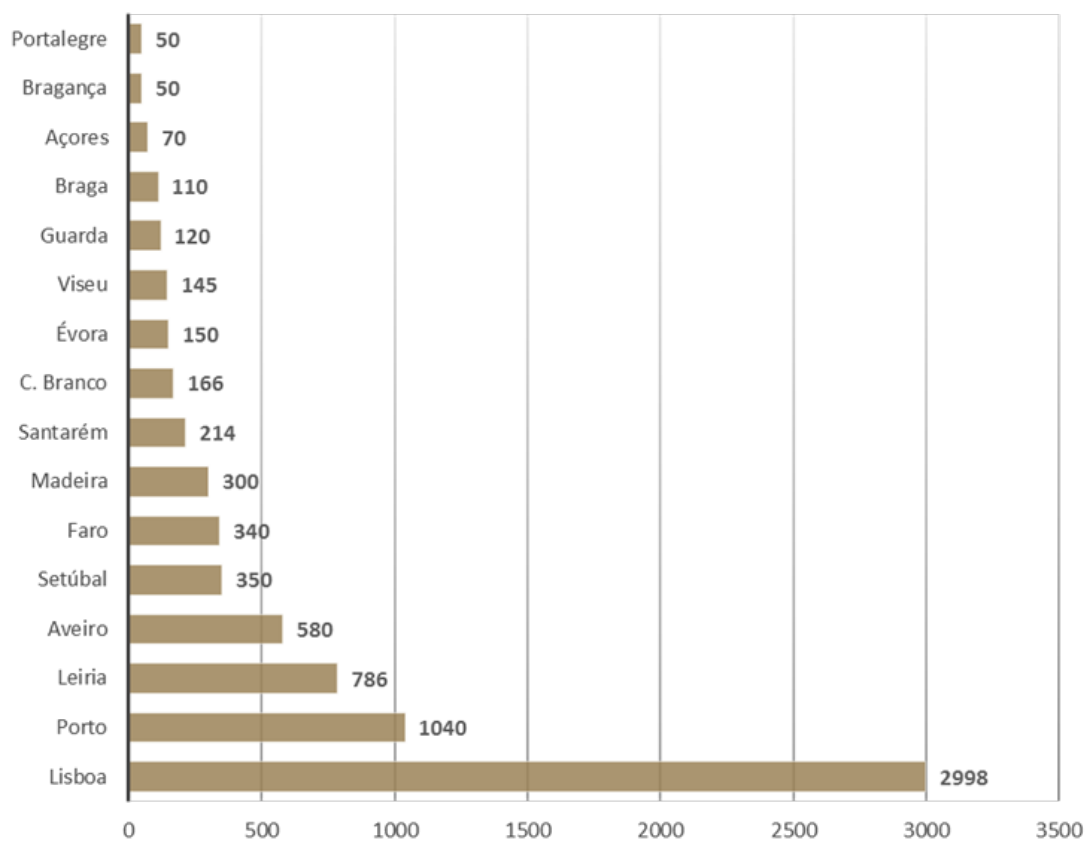


Figura 5 - Número de cirurgias por região (apenas relativo aos respondentes)

Para além destas cirurgias, existiram 50 tutores que, perante a necessidade de amputar o animal, optaram pela eutanásia. Numa questão de escolha múltipla, procurou-se identificar os principais motivos que levaram a esta decisão, tendo-se apurado que as dificuldades financeiras (38%) e a perda da qualidade de vida (28%) são as justificações mais frequentes (Figura 6).

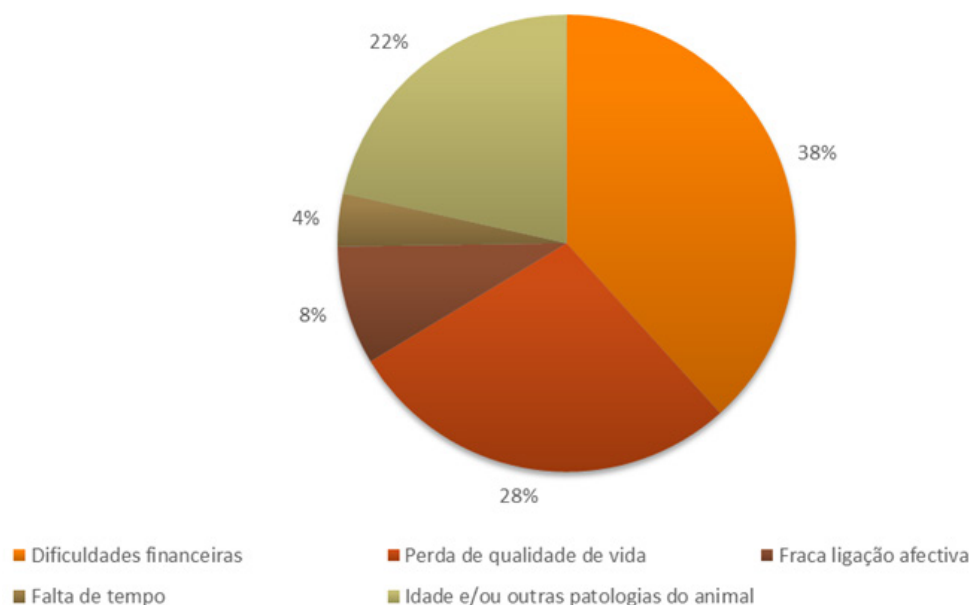


Figura 6 - Motivos para a eutanásia perante a necessidade de amputação

Da amostra de respondentes, foi possível apurar que foram diagnosticados cerca de 693 casos de paraplexias em cães e gatos, no primeiro semestre de 2019. Usando uma escala de Likert, procurou-se saber se os tutores destes animais procuraram soluções para devolver a mobilidade aos seus animais de estimação e melhorar a qualidade de vida (Figura 7).

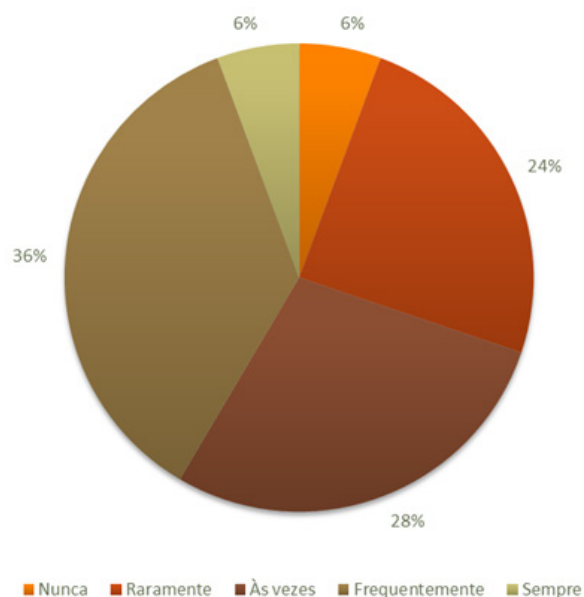


Figura 7 - Frequência de procura de soluções para melhoria da qualidade de vida dos animais com paraplexias

Destes 693 animais paraplégicos, 140 (20.2%) terão sido eutanasiados. A análise das respostas à questão de escolha múltipla apresentada para conhecer os motivos mais frequentes, que levaram os tutores a optar pela eutanásia, demonstra que a principal preocupação é a perda de qualidade de vida do animal (44%), seguido das dificuldades financeiras (Figura 8).

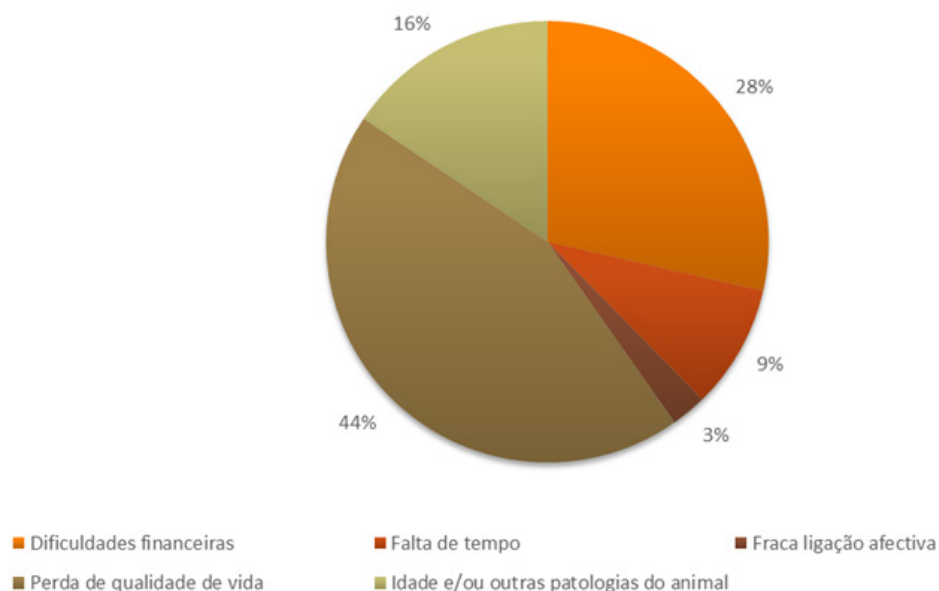


Figura 8 - Motivos para a eutanásia dos animais com paraplexias

Da informação obtida, verifica-se uma prevalência da preocupação com o bem-estar e qualidade de vida do animal, sendo também as dificuldades financeiras um factor evidente em muitas decisões de eutanásia.

2.2.3 - Mercado de Próteses para Animais

As próteses são dispositivos que encaixam em membros incompletos, de forma a devolver a capacidade de locomoção. Em comparação, as órteses são dispositivos aplicados externamente para apoiar ou proteger uma parte do corpo lesionada. As endo-exopróteses são compostas por um implante osseointegrado (endoprótese), geralmente de titânio, e que se prolonga para o exterior do membro, permitindo que seja acoplada uma prótese que substitui o membro amputado (exo-prótese) (Marcellin-Little, Drum, Levine, & McDonald, 2015; Vaughan, 2017).

Embora os animais tenham uma boa capacidade de adaptação perante a perda de um membro, não significa necessariamente que tenham a desejável qualidade de vida. A mobilidade

limitada, o colapso dos membros remanescentes e a dor crónica são algumas das consequências que podem advir de uma amputação, e da deficiente distribuição do peso corporal (Mich, 2014).

A biomecânica dos quadrúpedes é muito diferente da dos humanos. Também entre as várias espécies de quadrúpedes, e mesmo entre raças da mesma espécie, a biomecânica difere, pelo que a conceção de uma prótese ou órtese requer uma análise precisa, para proporcionar estabilidade ao utilizador (Marcellin-Little et al., 2015; Vaughan, 2017). É essencial que o design deste género de dispositivos aconteça com a cooperação de um veterinário que acompanhe o caso e possa fornecer diretrizes sobre a saúde do animal, locomoção, comportamento e reabilitação (Mich, 2014).

Existem algumas empresas especializadas em próteses e órteses para animais, no entanto a maioria encontra-se nos Estados Unidos e Canadá. Na Europa existem poucas e nenhuma em Portugal. O valor de uma prótese depende do porte do animal e do tamanho da prótese no entanto, nos Estados Unidos, o preço geralmente é entre os 600 e 3000 USD («Prosthetics in Dogs—Procedure, Efficacy, Recovery, Prevention, Cost», sem data).

Em Portugal, a escassez de soluções, para as centenas de cães e gatos que anualmente são amputados, e a fraca viabilidade económica em obter uma prótese no estrangeiro, impedem a maioria destes animais de ter acesso a uma melhor qualidade de vida, levando alguns tutores a optar pela eutanásia.

2.2.4 - Auxiliares de Locomoção com Rodas

Os auxiliares de locomoção com rodas permitem aos animais com mobilidade reduzida e/ou paraplegias recuperar a mobilidade. Estes equipamentos tanto podem ser apoios complementares temporários num processo de reabilitação, como permanentes na sequência de uma lesão, acidente, ou por doença degenerativa no sistema músculo-esquelético ou nervoso, mais frequente nos animais idosos. A perda de mobilidade de um animal, tal como acontece nos humanos, para além de comprometer o bem-estar psicológico, resulta noutros problemas físicos. Um cão ou gato paraplégico tende a arrastar-se, ferindo-se e deteriorando a sua saúde muito rapidamente. Por outro lado, também o tutor, pela sua ligação emocional e enquanto cuidador, sofre com a situação.

O facto de poder devolver a mobilidade a um animal paraplégico permite recuperar alguma qualidade de vida.

Existem diversos modelos de cadeiras de rodas, dependendo da necessidade do animal. Tal como os restantes dispositivos ortopédicos, devem ser customizados ao utilizador, e de acordo com as especificações definidas pelo médico veterinário.

Existem, em Portugal, alguns fabricantes de cadeiras de rodas para animais, no entanto, a maioria não demonstra o cuidado necessário para o desenvolvimento deste género de produtos, tendo em conta que no processo não é envolvido o veterinário que acompanha o caso, não são solicitados

relatórios médicos, exames radiográficos ou sequer o peso do animal. Para vender estes equipamentos apenas solicitam as medidas do utilizador, sem cuidados de calibração do equipamento ou acompanhamento pós-venda. A exceção a esta regra é a Dog Locomotion, uma empresa na região de Lisboa, que é recomendada por veterinários em todo país.



Fonte: <http://www.doglocomotion.com/equipamentos-destinados-a-animais-dom%C3%A9sticos.html>

Figuras 9 e 10 - Auxiliares de locomoção Dog Locomotion

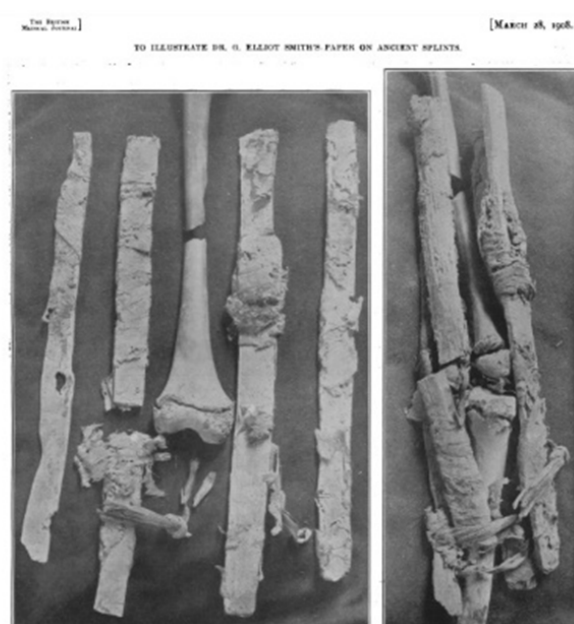
Em qualquer dos casos, verifica-se que os equipamentos não são desenvolvidos com uma preocupação estética, e que não são consideradas questões logísticas relativamente ao seu transporte, armazenamento ou limpeza. Apesar de não interferirem com a mobilidade do utilizador, para o Cliente (tutor) podem ser um entrave. Por exemplo, uma cadeira de rodas para um cão de porte grande, pelas suas dimensões, requer espaço maior para ser guardada quando não está em utilização, precisa ser transportada num veículo com uma bagageira grande, precisa de ser lavada. Assim, o desenvolvimento do equipamento deve ter em atenção as diferentes componentes que afetam o tutor, procurando minimizar os impactos negativos associados à necessidade do animal.

A cadeira de rodas implica que o animal esteja de pé, motivo pelo qual tem de ser retirado e colocado, várias vezes por dia, sendo necessário assegurar que o produto satisfaça os requisitos para o bem-estar do animal, mas também para o dos seus tutores.

2.3 - Veterinária

2.3.1 - Breve História da Ortopedia

As primeiras provas do tratamento de fraturas em humanos foram descobertas numa expedição em 1903, em Naga-ed-Der, no Egito, e de acordo com Smith (1908) as talas teriam cerca de 5000 anos. Um dos casos documentados foi o de um fêmur de um adolescente, cuja tala era composta por quatro tábuas longitudinais de madeira, cada uma envolta em ligaduras de linho.



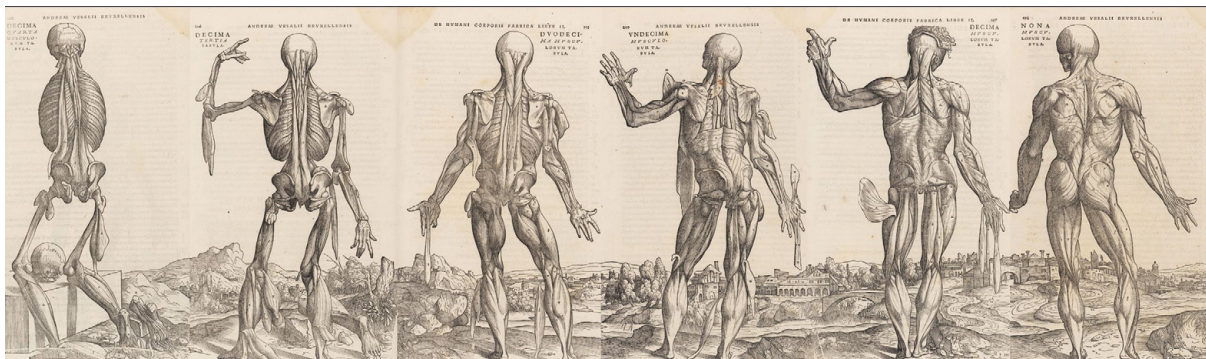
Fonte: (Smith, 1908)

Figura 11 - Talas com cerca de 5000 anos encontradas em Naga-ed-Der, no Egito

Hipócrates e Celsus descreveram em detalhe o tratamento de fraturas com recurso a talas em madeira. Mais tarde, entre 936 e 1013 d.C., o cirurgião árabe El Zahrawi fez o mesmo no seu 30.º tratado “A Cirurgia”, incluindo informação sobre a utilização de argila e de farinha com clara de ovo, para fazer uma pasta com características semelhantes ao gesso, para imobilização das zonas afetadas. Esta técnica “Plâtre Coulé”, apenas foi adotada na Europa a partir do séc. XIX (Colton, 2002).

O termo Orthopedia (ortopedia) surge pela primeira vez como título de um livro publicado em 1741 de Nicholas Andry, um professor de medicina na Universidade de Paris. “Orthopedia” tem origem em duas palavras gregas: orthos, que significa “reto e livre de deformidade” e paidios, que significa “criança”. O objectivo era um método de ensino baseado na prevenção e correção de deformidades no esqueleto (Ponseti, 1991).

De acordo com Ponseti (1991), o trabalho de Vesalius, em Pádua, “De humani corporis fabrica”, publicado em 1543, é um marco na história da medicina. O livro contém informação sobre sistema músculo-esquelético, e contém ilustrações completas e precisas.



Fonte: (Vesalius, 1568)

Figura 12 - *De humani corporis fabrica* de Vesalius

A partir do Renascimento foram construídos na Europa muitos hospitais para acolher e reabilitar doentes e aleijados. Os ortopedistas do século XVII e XVIII tinham já reunido um vasto conhecimento sobre deformidades incapacitantes, aspetos clínicos e tratamento de fraturas e luxações, transmitidas desde a antiguidade por gregos, romanos e médicos renascentistas.

Apesar do empenho no tratamento de deformidades esqueléticas com recurso a aparelhos ortopédicos, o seu sucesso estava dependente de progressos em áreas como a anatomia, fisiologia, química, patologia e da compreensão e controle de doenças infecciosas.

Malgaigne (1847) apesar de ter descrito as várias formas e aplicações da “plâtre coulé”, não era apologista desta técnica, devido a aparecerem complicações quando surgia algum inchaço dentro do molde rígido. Assim, adotou a técnica “bandage amidonné” que consistia em ligaduras engomadas ou albuminadas.

Seutin (1851), no tratado do método “Amovo-Inamovible”, defende a necessidade de ter um sistema de imobilização que possa, pontualmente, ser retirado para que o médico fizesse o acompanhamento da lesão, minimizando os riscos de gangrena ou outras complicações. Também defendia que os longos períodos de imobilização total, a que eram sujeitos os pacientes com fraturas nos membros inferiores, tinham efeitos negativos na recuperação.

Até há cerca de 150 anos, uma fratura exposta era sinónimo de morte, e requeria amputação imediata. A própria amputação tinha uma taxa de mortalidade muito elevada, geralmente associada a hemorragias ou infeções (Ponseti, 1991).

No final do sec. XIX, com o desenvolvimento da antissepsia de Lister e, mais tarde, a assepsia, passou a ser possível realizar cirurgias em segurança. A descoberta da anestesia com éter em 1846, por William Morton, permitiu que se tornassem também indolores.

A primeira aplicação de técnicas de raios X a seres humanos foi feita na Alemanha pelo físico Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), em novembro e dezembro de 1895. Esta invenção veio facilitar diagnósticos e permitir melhores abordagens a condições ortopédicas, que vão desde fraturas e ossos deslocados até osteoartrites. Uma das grandes vantagens da radiologia era poder ser realizada através do gesso, sem a necessidade de remover a tala. Essa monitorização da consolidação das fraturas permitiu o ajuste adequado do posicionamento dos ossos, limitando adversidades como solidificações indevidas, que poderiam gerar deformidades e doença articulares (Van Tiggelen, 2001) .

Os avanços nas técnicas cirúrgicas e a aplicação da bioengenharia têm vindo a transformar a ortopedia nos últimos 50 anos. Exemplo disso são os implantes ósseos e as técnicas de osseointegração, que têm transformado a vida de pacientes que, de outro modo, teriam a sua mobilidade comprometida.

2.3.2 - Ortopedia na Medicina Veterinária

Os animais desempenham um papel crucial na ciência e na medicina em toda a história da civilização. Desde 400 a.C., quando Hipócrates reconheceu que as doenças tinham causas naturais, os avanços constantes feitos por biólogos, cientistas, médicos e académicos foram construídos sobre factos e informações, muitos deles adquiridos através da observação de animais, o que contribuiu significativamente para o entendimento da anatomia, fisiologia e patologia (Buchanan, 2013).

Já antes do estabelecimento da primeira Escola de Medicina Veterinária, em 1761, em Lyon, França, eram os médicos que investigavam doenças do gado. Eram também os médicos que ensinavam e pesquisavam medicina veterinária em universidades, tal como, tratavam doenças de animais como parte do seu trabalho (Larkin, 2011; Mitsuda, 2017).

Inicialmente a motivação era meramente económica e de subsistência, considerando a importância dos animais como fonte de alimentação ou como força de trabalho. A sua essência prendia-se com o controlo de zoonoses e doenças epizooticas (Larkin, 2011; Thrusfield, 2007).

Embora os cães e os gatos sejam animais de companhia desde há milhares de anos, só recentemente começaram a ser valorizados na sociedade humana. Na primeira década do sec. XX, em Londres, um pequeno grupo de veterinários altamente qualificados prestava tratamentos sofisticados e inovadores para os cães (e mais tarde gatos) dos mais abastados. Estes animais, maioritariamente cães com pedigree e de exposição, tinham, para os seus donos, um elevado valor comercial e sentimental e, por isso, eram tratados da melhor forma possível (Skipper, 2019).

Esta especialização no cuidado de cães, originada por uma procura por parte dos donos e por estar associada às elites, dava a estes veterinários um estatuto social que os distanciava dos restantes veterinários (Skipper, 2019). Entre outros serviços, realizavam cirurgia ortopédica, cirurgia abdominal, remoção de tumores, cesarianas, remoção de cálculos renais, entre outros atos. Tal como na medicina humana, utilizavam radiografia e anestesia. Foram também pioneiros na aplicação de próteses (Hobday, 1905; Skipper, 2019).



Fig. 222.—A Fractured Leg, the Flap Incision, and the Sutured Flap after Amputation.

on each side of the leg, and the flap made by two rapid downward incisions.

The vessels are sought for and twisted or ligatured; the



Fig. 223.—Patterns of Artificial Limb.

1. Of chamois leather and vulcanite, with silver side supports; 2, of leather with a wooden stamp; 3, made entirely of leather.

False legs consisting merely of a plain leather socket (Figs. 228, 230), or a more elaborate arrangement of silver, rubber, chamois leather and vulcanite, as shown in Fig. 223, can be fitted afterwards; but it is astonishing to see how soon an animal can reconcile itself to the loss of a limb, and how well it soon learns to walk about on the remaining three.

Fonte: (Hobday, 1905)

Figura 13 - Próteses para cão, do início do sec. XX

No início do sec. XX, inicia-se a prática de fixação cirúrgica de fraturas com recurso a placas e parafusos (osteosynthesis), aplicada tanto na medicina humana como na veterinária (Court-Brown, McQueen, & Tornetta, 2006; Schatzker, 1996; Schlich, 2002). Esta prática veio permitir a correta regeneração óssea sem sobreposição e, nas décadas seguintes, o conceito evoluiu através da aplicação de diferentes materiais e sistemas de fixação (Schatzker, 1996).

De acordo com (Degeling, 2009), os conhecimentos originados pela experimentação animal foram disponibilizados tanto para a medicina humana como para a veterinária, pelo que alguns animais domésticos passaram de cobaias a pacientes. De certa forma esta situação pode ser equiparada aos ensaios clínicos em humanos.

O crescimento dos centros urbanos e a transformação do relacionamento com os animais, em especial cães e gatos, originou a transformação da relação para com esses animais, passando de seres meramente utilitários para se tornarem animais de companhia, passando a viver dentro de casa com os seus donos – como um membro da família. Esta mudança radical exigiu ao mercado o desenvolvimento de produtos e serviços para animais, tornando-se foco de atenção de várias áreas do conhecimento, tanto científicas como económicas e sociais (Franklin, 1999).

Perante a exigência de qualidade nos cuidados prestados, os cirurgiões veterinários adotaram as técnicas e estruturas da medicina humana, com características mais hospitalares e orientadas para a cirurgia (Degeling, 2009).

2.3.3 - Casos de Estudo

A aplicação de próteses na medicina veterinária, produzidas com recurso a tecnologias de prototipagem rápida, apesar de recente é cada vez mais frequente. Serão apresentados alguns dos casos de estudo que suportaram o desenvolvimento desta investigação:

2.3.3.1 - Prótese de bico de águia

Conforme descrevem Veltkamp & Rose (2017), uma águia-real com cerca de 6 anos ficou com o bico parcialmente destruído na sequência de um disparo de um caçador, tendo sido encaminhada para o centro de recuperação de animais silvestres “Birds of Prey Northwest”, em Idaho, estados Unidos da América. A lesão no bico impossibilitava-a de se alimentar, pelo queurgia a sua reconstrução. A bióloga Janie Veltkamp, especialista em aves de rapina, liderou uma equipa que, em conjunto com o Idaho STEM Action Center, desenvolveu um bico prostético para esta ave.

De acordo com Bubach (2012), foi feito um scan da cabeça da ave, e modelada uma réplica daquilo que deveria ser o bico completo. Após impressão em nylon, utilizando a tecnologia FDM, foi realizada uma intervenção cirúrgica para a junção da prótese ao que restava da parte superior do bico. Esta prótese veio permitir, e pela primeira vez desde o acidente, que a águia fosse capaz de se alimentar e limpar as penas.



Fonte: U.S. Fish and Wildlife Service

Figuras 14 e 15 - Águia-real antes e depois da aplicação da prótese

2.3.3.2 - Órtese para gato

Conforme descreve Mlynar (2015), após ter sido atacada por um cão, a pata anterior esquerda da gata Sprocket ficou com ferimentos profundos e danos nos nervos, tendo mesmo sido considerada a possibilidade de amputação. Trabalhando em conjunto com o veterinário, o seu tutor decidiu projetar, com recurso a software CAD, uma órtese que concedesse o apoio necessário para a sua mobilidade, mantendo o fluxo sanguíneo e evitando a atrofia muscular.

O modelo foi impresso em resina, através de uma impressora SLA. Foi um processo iterativo, até encontrar a forma que assegurou o encaixe perfeito.



Fonte: <https://formlabs.com/blog/3d-printed-leg-brace-for-cat/>

Figura 16 - Órtese desenvolvida para apoio a lesão nos nervos

2.3.3.3 - Órtese para cão

De acordo com Warren (2017), uma cadela de 4 meses foi atacada por outro cão e tendo sofrido extensos danos ao crânio, fratura da bochecha (arco zigomático), ossos da mandíbula, articulação temporomandibular e uma pequena fratura numa das vértebras. O ataque resultou também em múltiplas perfurações no focinho, danificando o tecido subjacente e a estrutura muscular. Apesar da gravidade das lesões, a idade do animal era um factor positivo para as possibilidades de recuperação

A UC Davis School of Veterinary Medicine, University of California, em conjunto com estudantes de engenharia biomédica da UC Davis College of Engineering, desenvolveram um exoesqueleto a partir das imagens recolhidas no TAC, e que funciona como uma estrutura de suporte e imobilização para os ossos regenerarem na posição correta. O exoesqueleto foi impresso em 3D através da tecnologia SLS.

Tendo mostrado sinais positivos de recuperação, após um mês a órtese foi removida para que ela pudesse comer ração sólida, ação necessária para o exercício mandibular, com intuito de evitar a fusão óssea entre mandíbula e crânio.



Fonte: Warren, 2017)

Figura 17 - RX do crânio antes da intervenção



Fonte: (Warren, 2017)

Figura 18 - Órtese aplicada

2.3.3.4 - Prótese de membro para cão

Scott (2019) descreve que, devido a uma malformação congênita na pata anterior direita, Duke, um cão, tinha algumas limitações na mobilidade. Para ultrapassar esta incapacidade, um veterinário com a especialidade de ortopedia em conjunto com o tutor do animal, projetaram uma prótese customizada.

Inicialmente foi realizada uma TAC, posteriormente convertida num modelo CAD 3D que foi trabalhado no sentido de dividir equilibradamente as cargas por toda a prótese. Finalmente foi realizada uma Análise de Elementos Finitos (FEA) para garantir que a prótese suportaria as cargas esperadas. Tratou-se de um processo iterativo de projeto, prototipagem e ensaios, no sentido de aperfeiçoar o design. A prótese final foi impressa em Nylon 12 através da tecnologia SLS, existindo no interior do dispositivo um amortecedor em espuma que minimiza a possibilidade de úlceras nos tecidos moles, originadas pela pressão de contacto, e um pé elastomérico fundido a vácuo, conferindo resistência ao impacto e aderência tátil.

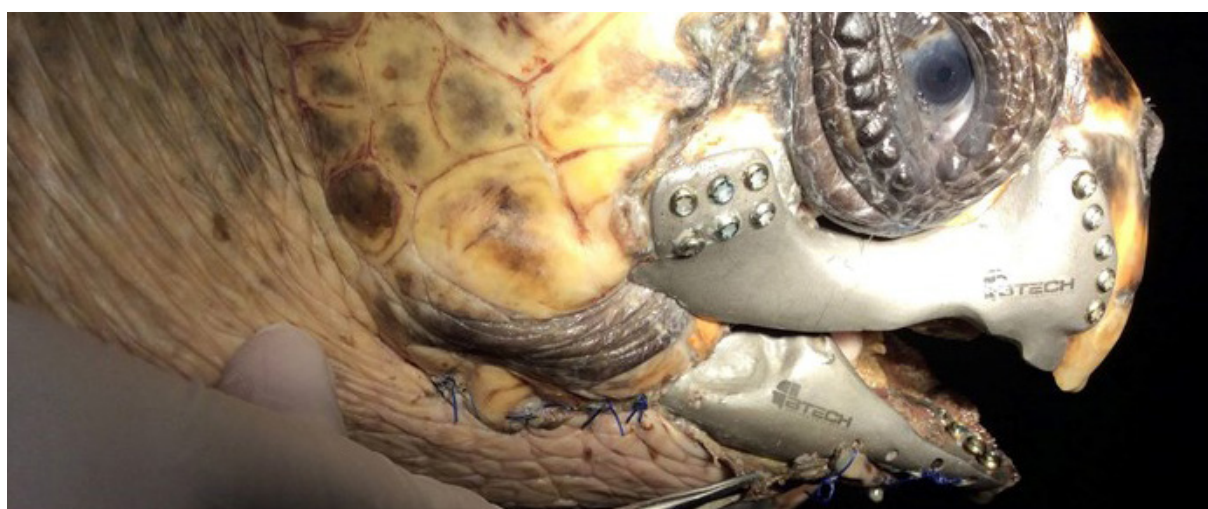


Fonte: (Alport, 2017)

Figura 19 - Duke com a prótese aplicada

2.3.3.5 - Prótese de maxilar para tartaruga marinha

De acordo com Feltman (2015) e Molitch-Hou (2015), uma tartaruga marinha foi recolhida ao largo da costa da Turquia após ter sido atingida pela hélice de um barco, que lhe danificou parte da mandíbula. Foi encontrada num estado muito debilitado, e imediatamente encaminhada para o centro de pesquisa e reabilitação de animais marinhos da Pamukkale University (PAU), na Turquia. Teve então acesso a cuidados médicos e alimentação, no entanto sem a reconstrução da mandíbula não poderia regressar ao mar.



Fonte: BTEch Innovation

Figura 20 - Tartaruga marinha após aplicação de maxilar em titânio

Uma empresa turca - a B-Tech - especializada em impressão 3D para a medicina, teve conhecimento do caso e apresentou uma solução. Em conjunto com veterinários e cirurgiões, conceberam uma mandíbula em titânio. Começaram por fazer uma TAC do crânio da tartaruga, tendo depois as imagens sido convertidas para um modelo CAD digital 3D. As peças foram impressas em titânio através da tecnologia Direct Energy Deposition (DED), e cirurgicamente aplicadas no animal.

2.3.3.6 - Prótese de bico para tucano

Conforme relatado por Santos (2015), no Rio de Janeiro, Brasil, foi encontrado um Tucano com o bico partido. Com uma lesão desta gravidade, estas aves dificilmente sobrevivem em liberdade, pelo que foi recolhida e uma equipa médica veterinária tentou restituir-lhe a parte em falta utilizando um bico de um outro tucano falecido. Este transplante não foi bem sucedido, pois quebrou ao fim de pouco tempo. Tentaram ainda repará-lo com resina dentária, no entanto revelou-se uma cola demasiado frágil para o bico, tendo esta tentativa também falhado.

Optaram então resolver o problema com recurso à impressão 3D. A prótese foi impressa utilizando PLA, e contou com a colaboração de um designer para a modelação do bico. Numa primeira fase foi feito o scan do crânio da ave e, posteriormente, a prótese foi modelada com recurso a software CAD e impressa em PLA.



Fonte: National Geographic

Figura 21 - Tieta, o tucano, antes da intervenção



Fonte: National Geographic

Figura 22 - Tieta após receber a prótese do bico

2.3.3.7 - Órtese para barbatana de tartaruga marinha

Peake (2014) apresenta o caso de Augie, uma tartaruga verde (espécie em risco de extinção), resgatada no litoral do Canadá em Julho de 2013 com uma lesão profunda numa das barbatanas. Uma equipa de veterinários especializados em animais aquáticos que acompanharam o caso, consideraram

necessária a imobilização a barbatana de modo a permitir a correta cicatrização dos ossos fraturados. Através de em parceria com o College of Engineering's Laboratory for Additive Manufacturing and Logistics, uma TAC do membro afetado foi convertida num modelo físico, que permitiu a construção de uma tala leve e flexível, customizada para o efeito.

O modelo físico da barbatana e a órtese foram impressos usando impressão 3D Polyjet. Esta tecnologia permite imprimir cores diretamente numa peça e é capaz de imprimir vários materiais simultaneamente, oferecendo a possibilidade de ter partes de rígidas a flexíveis numa única peça.

A órtese permitiu estabilizar a barbatana, devolvendo à tartaruga a capacidade de nadar e alimentar-se durante o período de recuperação.



Fonte: NC State University

Figura 23 - Órtese aplicada na barbatana ferida

2.3.3.8 - Próteses para os membros anteriores de um cão

De acordo com Arabian (2015), Derby é um cão que nasceu com uma malformação nos membros anteriores, restringindo a sua mobilidade e provocando-lhe ferimentos quando se tentava deslocar. Tara Anderson, uma colaboradora da empresa 3D Systems, tomou conhecimento do caso e adotou o animal. Inicialmente proporcionou-lhe um auxiliar de locomoção com rodas, mas verificou que não era a solução ideal, tanto pelos entraves físicos de alguns tipos de piso, como pelo volume do dispositivo, que o impedia de brincar e sociabilizar com outros cães com a naturalidade desejável. Em conjunto com os seus colegas de trabalho, fizeram um scan 3D das patas do animal, e modelaram com recurso a software CAD próteses customizadas para o animal.

As próteses foram impressas em 3D através da uma impressora multijet, sendo constituídas por materiais com diferentes características, permitindo que a zona de apoio das patas seja mais macia, a estrutura resistente, e que a zona de contacto com o chão tenha a textura e capacidade de absorção de impacto adequadas à função. Estes dispositivos concederam a este animal uma vida normal, como qualquer outro cão.

As próteses foram impressas em 3D através da uma impressora multijet, sendo constituídas por materiais com diferentes características, permitindo que a zona de apoio das patas seja mais macia, a estrutura resistente, e que a zona de contacto com o chão tenha a textura e capacidade de absorção de impacto adequadas à função. Estes dispositivos concederam a este animal uma vida normal, como qualquer outro cão.



Fonte: <https://www.3dsystems.com>

Figura 24 - Derby com o auxiliar com rodas



Fonte: <https://www.3dsystems.com>

Figura 25 - Derby com as próteses customizadas

2.3.4 - Pethics

A palavra “Pethics” da contração das palavras Pet (animal de estimação) e Ethics (ética). As questões de ética e bem-estar animal têm tido especial foco nos animais de companhia, motivo pelo qual foi referido o termo “Pethics”. Os animais selvagens, animais para consumo ou utilizados em experiências em laboratórios, pela sua utilidade para o bem comum, e pelo distanciamento emocional da sociedade em geral, são olhados de um modo diferente (Yeates & Savulescu, 2017).

Apesar do exposto, estamos já a assistir a um fenómeno de transformação e um ativismo, que procura mudar mentalidades com o intuito de acabar com a crueldade contra todos os animais, procurando salvaguardar o seu direito à vida e à liberdade. A título de exemplo, e apenas nos Estados Unidos, o veganismo cresceu aproximadamente 600% nos últimos três anos (Yunt, 2019).

Desde a antiguidade que é discutido, do ponto de vista da ética, o relacionamento humano com os restantes animais, no entanto, apenas a partir dos anos 1970 é que começou a ser analisada com disciplina e profundidade por filósofos e outros teóricos. A questão dos Direitos dos Animais surge numa altura em que a sociedade despertava para a luta pela justiça social, pela igualdade racial e de género (Gruen, 2011).

Socialmente, na maior parte do mundo, tende-se a adotar o Excepcionalismo Humano, que consiste na valorização do ser humano acima dos outros animais, isto é, considerando o humano um ser superior aos demais. A questão é que todos os argumentos e capacidades cognitivas utilizados para nos distanciar das restantes espécies, ou são partilhadas também por algumas outras espécies, ou não são comuns a todos seres humanos. Assim, o Excepcionalismo revelou-se insustentável enquanto posicionamento ético (Gruen, 2011).

“Nevertheless the difference in mind between man and the higher animals, great as it is, certainly is one of degree and not of Kind.”

(Darwin, 1889, p. 139)

A empatia é uma das qualidades básicas que nos caracteriza enquanto espécie social, tratando-se de uma forma de ligação interpessoal e não algum tipo de projeção imaginária. Verifica-se também que esta qualidade não é exclusivamente humana. São vários os exemplos vindos de outros animais que demonstram manifestações empáticas entre indivíduos da sua espécie e, também, na relação social com outras. Um exemplo destas manifestações é o de golfinhos que salvam humanos, nadando agitadamente em torno das pessoas quando detetam a aproximação de tubarões (Gruen, 2011; Yunt, 2019).

Por outro lado, os movimentos que se geram a favor da legalização da eutanásia voluntária, como o Dignity in Dying, são resultado da rejeição da ideia que se deve prolongar a vida a qualquer custo (Rollin, 2006). Como afirma Yunt (2019, p. 3), “what is legal is not always right, and what is right

is not always legal". Neste aspeto, apesar da decisão ser tomada pelos humanos, os animais acabam por poder usufruir de um final indolor quando não há esperança de continuar a sua vida com qualidade.“

Os médicos veterinários apesar de ter como pacientes os animais, têm como Clientes os seus tutores. Estes profissionais são confrontados regularmente com questões éticas subjacentes ao relacionamento entre os animais e os seus humanos, procurando avaliar e aconselhar com ética e ponderação soluções que sirvam os interesses de ambos (Tannenbaum, 1993).

De acordo com Gruen (2011), não sentir dor, ter acesso a alimentação e água, garantir a integridade física, ter abrigo, poder sociabilizar e ter alguma liberdade e autonomia, são alguns dos requisitos mínimos para o bem-estar de um ser senciente, podendo existir algumas diferenças nestas necessidades, consoante a espécie a considerar. Quando privados das suas necessidades básicas, estarão em sofrimento físico, emocional ou ambos.

Ter um animal de estimação implica, no mínimo, assegurar as suas necessidades básicas, sejam estas físicas ou psicológicas. Tomando como exemplo um cão, algumas das suas necessidades físicas básicas são o abrigo e a alimentação. Do ponto de vista psicológico, como seres sociais que são, necessitam de companhia e interação, seja com outros cães, ou com humanos (Rowlands, 2002).

“Men have forgotten this truth,” said the fox. “But you must not forget it. You become responsible, forever, for what you have tamed. You are responsible for your rose ...”

(Saint-Exupéry, 2005, p. 140)

Um facto a reter é a necessidade de estar vivo para que possa existir qualquer outro valor, sendo por isso per si a premissa para a valorização de vida. Terminar com a vida de um ser vivo tem complexas implicações éticas e, regra geral, é negativo para aquele que é abatido. Se um indivíduo estiver gravemente ferido, e sem possibilidade de recuperação, ou se tem uma doença terminal que lhe retire a qualidade de vida, a morte pode ser a opção mais humana, mas quando nos referimos a um ser social, a análise não é assim tão linear, pois devem ser igualmente consideradas as implicações do seu desaparecimento na vida dos que o rodeiam (Gruen, 2011).

A convergência de diversos factores tem vindo a gerar na medicina veterinária uma crescente ênfase na subjetividade animal. O aumento da importância dos animais na vida dos seus tutores, não por questões económicas ou utilitárias, mas pelo valor sentimental intrínseco, fez com que os animais de companhia se tornassem os principais utentes. Por outro lado, a preocupação da sociedade com o bem-estar animal aumentou o foco nas suas necessidades psicológicas (Rollin, 2006).

O aumento da expectativa de vida dos seres humanos e dos animais domésticos gerou uma população crescente de indivíduos com idade avançada e com doenças crónicas. Apesar da relevância dos avanços na medicina que permitem aumentar a longevidade, considera-se fundamental manter a qualidade de vida do animal (Patronek, Waters, & Glickman, 1997).

2.4 - Ciências Sociais

2.4.1 - Antropologia

Sendo os seres humanos os primatas mais gregários e sociais, o seu padrão de comportamento levou à necessidade de obtenção de alimento para a sua comunidade ou grupo familiar. No neolítico, entre 9 000 e 7 000 a.C., o crescimento dos grupos levou à transição da caça de animais silvestres para a manutenção de manadas. Existem no entanto evidências da domesticação do cão no Pleistoceno, no final do período glacial, entre 18 000 e 12 000 a.C. (Clutton-Brock, 1989; Gillis, 2012).

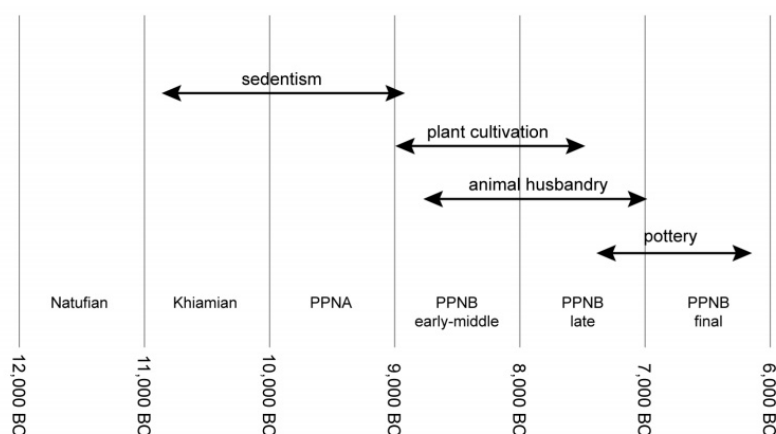


Table 1, Schematic diagram of the chronological periods during the development of farming and animal domestication in the Near East (after Vigne 2008; Mazurie de Keroualin 2003).

Fonte: (Gillis, 2012, p. 37)

Figura 26 - Diagrama cronológico dos períodos de desenvolvimento humano

Era comum nas sociedades paleolíticas de caçadores recolectores a existência de animais de estimação. Até ao início do pastoreio de gado, a domesticação dos animais era desinteressada e não se destinava a suprir necessidades alimentares ou de vestuário (Clutton-Brock, 1989).

Descartes (1596-1650) defendia que os animais não pensavam, não sentiam emoções ou dor, e que as reações observadas eram apenas processos mecânicos. Esta ideologia prevaleceu no ocidente durante décadas, e com a colaboração do dominante e respeitado catolicismo que reiterava estes ensinamentos (Parker, 2010; Rowlands, 2002). Quando em viagem, os observadores ocidentais surpreendiam-se com o facto dos povos indígenas manterem animais de estimação, não só pela frequência, mas pela intensidade emocional da relação. Relatavam com estranheza a coabitação de humanos com os seus animais, e a recusa de venda, abate ou consumo.

"If a stranger, who is obliged to pass the night in one of their cottages, offers ever so much for a fowl, they refuse to part with it, and he finds himself under the necessity of killing the fowl himself. At this his landlady shrieks, dissolves into tears, and wrings her hands, as if it had been an only son."

(Juan & Ulloa, 1772, p. 409)

Galton (1883, p. 180) descreve: "The Australian women habitually feed the puppies they intend to rear from their own breasts, and show an affection to them equal, if not exceeding, that to their own infants."



Fotografia de Domenico Pugliese

Figura 27 - Mulher a amamentar um esquilo, Tribo Awa, Amazônia, Brasil

Os antropólogos concluíram que a recusa de abate e consumo de animais considerados de estimação acontece por serem considerados parte da sociedade humana, e a ideia de os comer é repudiada tal como um ato de canibalismo (Sahlins, 1976).

De acordo com Serpel (1989) existem diferentes motivos para manter animais de estimação. Para alguns pode ser uma questão de status e prestígio, pelo seu significado simbólico, como elementos de adorno ou decorativos, ou até como brinquedos. Para outros, os animais são parte da família.

O facto da manutenção de animais de estimação ser visto essencialmente como uma atividade de lazer não significa que seja desprovida de função, do mesmo modo que não seria correto afirmar que o ato de brincar e outras atividades recreativas não têm um propósito funcional (Clutton-Brock, 1989).

Os animais de estimação são tratados com indulgência e carinho por diferentes tipos de sociedades em todo o mundo. Assim como no ocidente partilhamos a casa com um cão ou gato, na Austrália, os aborígenes mantêm, entre outros, dingos, cangurus, ratos e sapos. A relação de afeto e o vínculo familiar com os animais de estimação que observamos atualmente nas sociedades ocidentais não difere do que acontece, desde há séculos, noutras culturas.

2.4.2 – Psicologia

O envolvimento emocional e o impacto que o animal de estimação tem nas famílias e vidas dos seus tutores são de extrema relevância. Existem estudos das mais variadas áreas que comprovam que a convivência com animais de companhia traz benefícios para a saúde e aumenta a capacidade de sociabilização dos seus tutores com a comunidade (Banks & Banks, 2002; Chandler, Fernando, Barrio Minton, & Portrie-Bethke, 2015).

A escolha de um animal de companhia depende das preferências pessoais, experiências passadas, capacidade financeira, alergias, questões de logística e influências culturais, e os principais motivos para a procura de um animal de companhia são o companheirismo e afeto (Staats, Wallace, & Anderson, 2008; F. Walsh, 2009). Os animais proporcionam apoio social e companhia para os seus tutores, nas várias fases da vida, e ajudam a preparar os mais novos para etapas futuras como nascimentos, parentalidade, doenças e até a perda de um ente querido (Chandler et al., 2015; F. Walsh, 2009).

A segurança transmitida pelo animal de estimação e a sua reação à atenção que lhe é dada, demonstrando amor incondicional e proporcionando contacto físico, respondem a necessidades básicas humanas, tornando-o numa fonte de apoio psicológico e social (Beck & Madresh, 2008). O vínculo emocional entre o tutor e o animal de estimação pode ser tão intenso quanto o de relacionamentos entre humanos, e os benefícios psicológicos são similares. Também a morte de um animal de estimação pode causar dor e tristeza em igual medida (McNicholas et al., 2005; Zilcha-Mano, Mikulincer, & Shaver, 2011), apesar do luto pela sua perda ser frequentemente desvalorizado.

A solidão e a privação social produzem efeitos nefastos na saúde mental e física humana. Por outro lado, o envolvimento em relacionamentos sociais positivos permite criar uma estrutura emocional mais capaz de lidar com situações negativas, como por exemplo o stress (Lynch, 1977; Perlman & Peplau, 1981).

Os animais de estimação são frequentemente o elo de ligação na família, reunindo os membros e aumentando a coesão (F. Walsh, 2009). A substituição de crianças por animais é observada em casais sem filhos, mas também em famílias com crianças, sendo-lhe conferido o status permanente de filho mais novo. Também para as crianças da família, o animal de estimação tem um lugar particular, e que se vai alterando consoante a idade (Bernard & Demaret, 1996; Clutton-Brock, 1989).

A convivência com um animal de estimação tem vantagens para a saúde física. Para além da atividade associada à interação e passeio do animal, foi verificado que o batimento cardíaco e a pressão arterial são mais baixos quando se fala com um cão, comparativamente a uma situação idêntica, mas com outra pessoa. Esta situação acontece por ser cognitivamente menos ameaçador o contacto com um animal, desde que o sujeito não o tema (Friedmann, Katcher, Thomas, Lynch, & Messent, 1983; Kanat-Maymon, Antebi, & Zilcha-Mano, 2016; Vormbrock & Grossberg, 1988).

As vantagens da convivência com um animal de companhia são de tal modo significativas e terapêuticas, que atualmente são utilizados como parte da terapia para pacientes com dificuldades de sociabilização, fobias, traumas, ansiedade, stress, demência, alzheimer, assim como para pessoas com limitações cognitivas e de aprendizagem (Limond, Bradshaw, & Cormack, 1997; P. G. Walsh, Mertin, Verlander, & Pollard, 2010; Wilson, 1998; Wright et al., 2015).

Constatando-se a importância do animal de estimação no seio familiar, bem como os laços afectivos que unem animal e tutores, o seu bem estar é de extrema relevância. Numa situação de perda de mobilidade e autonomia, sobrecarrega o seu cuidador. Este “fardo” não é meramente físico, afectando o bem estar psicológico do animal e, consequentemente, da respetiva família humana.

2.4.3 – Etologia

Os animais domésticos, apesar da elevada tolerância à presença humana, transportam uma herança genética que os estimula a adotar comportamentos que asseguraram a sobrevivência e reprodução dos seus antepassados (Jensen, 2017). Os seus comportamentos são fortemente influenciados por estímulos externos, e poderão apenas ser observados se o animal se sentir motivado (Hughes, 1980). Por exemplo, um animal bem alimentado poderá não se sentir estimulado para caçar.

Uma questão chave no bem-estar animal é se da privação comportamental advém sofrimento. Sofrimento não significa apenas dor, mas também os sentimentos subjetivos desagradáveis, e podem ser identificados através dos indicadores externos observáveis (Dawkins, 1988).

O sofrimento físico implica ausência de bem-estar, mas o inverso nem sempre se aplica. Outros factores que revelam a ausência de bem estar são uma expectativa de vida reduzida, deficiências no crescimento, dificuldades reprodutivas, danos corporais, doenças, imunossupressão, anomalias nas glândulas suprarrenais, problemas comportamentais e auto-narcotização (D. M. Broom, 1991).

De acordo com Dawkins (1988), para além das doenças ou lesões físicas, os tipos de sofrimento podem ser divididos em duas categorias:

- Sofrimento por aversão – causado por condições ou agentes externos que impelem à fuga, estando impedido de o fazer;
- Sofrimento por privação – quando um animal é naturalmente motivado a realizar um comportamento, mas incapaz de realizá-lo devido a restrições físicas ou falta de estímulos adequados.

Quando um animal é sujeito a prolongado sofrimento por privação pode mostrar uma série de comportamentos aparentemente não relacionados com o objecto da privação em si, tais como agressividade, coprofagia, comportamentos repetitivos como andar em círculos ou lambe-se excessivamente. Estas alterações comportamentais são interpretados como sintomas de stress crónico (Beerda, Schilder, Van Hooff, De Vries, & Mol, 1999; Roper, 1984).

No caso dos cães, o contacto social é de extrema importância. Perante um situação de privação, estes animais adotam comportamentos indesejáveis, como roer, vocalizar excessivamente e até apresentar sintomas de depressão (Donald M. Broom & Fraser, 2015).

O aumento da esperança de vida dos animais domésticos gerou uma população crescente de indivíduos com idade avançada e doenças crónicas. Considera-se de grande relevância os avanços na medicina que permitam manter a vida do animal, sabendo da importância que têm no bem estar emocional dos respetivos tutores, no entanto não devem ser descuradas as implicações do tratamento no bem-estar do animal (Christiansen & Forkman, 2007).

A avaliação da qualidade de vida (QoL) é cada vez mais importante nas pesquisas e práticas clínicas. A percepção por parte dos tutores e veterinários de fraca qualidade de vida é um dos motivos mais frequentes para a eutanásia (Belshaw, Asher, Harvey, & Dean, 2015).

Com o objectivo de avaliar a adaptação de 64 cães que foram sujeitos à amputação de um membro, através da percepção dos seus tutores, foi realizado um questionário. Apurou-se que 58 (91%) não identificaram alterações na atitude do seu cão pós amputação; 56 (88%) indicaram que a deterioração da qualidade de vida foi escassa ou nula; 50 (78%) ficaram agradavelmente surpreendidos com a capacidade de adaptação do animal; 47 (73%) afirmaram não ter ocorrido redução das atividades recreativas (Dickerson et al., 2015).

No seguimento de um questionário a 204 tutores de gatos sujeitos à amputação de um dos membros, 89% indicava que tinham uma qualidade de vida “normal”, e 94% afirmaram que se estivessem novamente perante a decisão de amputação, tomariam a mesma decisão (Forster, Wathes, Bessant, & Corr, 2010).

Apesar de, no caso de amputação de apenas um dos membros a mobilidade e bem-estar não ficarem comprometidos, verificou-se que os cães com amputação de um dos membros tiveram o maior aumento médio na carga de peso no membro contralateral. Estas alterações cinéticas e de distribuição

do peso corporal indicam um mecanismo compensatório no qual o par diagonal não afetado do membro está envolvido, pelo que é recomendável a subsequente monitorização de doenças ortopédicas nos membros remanescentes (Cole & Millis, 2017; Fuchs, Goldner, Nolte, & Schilling, 2014).

Aplicação de uma endo-exo prótese em substituição do membro suprimido permite que o peso corporal seja corretamente distribuído, assegura a propriocepção e reduz a possibilidade de doenças músculo-esqueléticas relacionadas com a claudicação.

As limitações físicas decorrentes de sobrevivência a lesões ou doenças que comprometem a mobilidade são uma realidade, no entanto quando consideramos o bem estar do animal devem ser consideradas as particularidades de cada espécie: a relativa inatividade dos indivíduos na maior parte do dia; o comportamento social, exploratório e predatório e a presença do comportamento lúdico, que persiste até a idade adulta, assim como a sua cognição altamente desenvolvida e a capacidade de adaptação a diferentes situações e ambientes.

2.5 - Tecnologias e Materiais

2.5.1 - A Prototipagem Rápida no Design de Produto

2.5.1.1 - Introdução

Prototipagem Rápida (PR) é o nome dado a um conjunto de tecnologias utilizadas para materializar objectos físicos a partir de ficheiros CAD. A PR é igualmente referida por diversos autores como uma metodologia de design (Jones & Richey, 2000; Tripp & Bichelmeyer, 1990), permitindo que a fase de pesquisa seja realizada a par com o desenvolvimento do produto, recolhendo informação dos inputs dos utilizadores na utilização do protótipo, permitindo o aperfeiçoamento do produto (Tripp & Bichelmeyer, 1990).

2.5.1.2 - O Protótipo

O protótipo é uma parte essencial do processo de desenvolvimento de um produto, sendo a primeira materialização do mesmo, e que permite verificar aspetos formais e/ou funcionais de um determinado conceito. Poderá ser um modelo de estudo que valide ou permita testar o conceito, ou uma ferramenta no processo de desenvolvimento de um produto final. O protótipo pode ser uma representação grosseira ou ter o detalhe e materiais exatos do produto final, dependendo da pertinência e finalidade do mesmo, ou da fase do processo em que é concebido. Um protótipo completa e agrega a maioria, se não todas, as características do produto. Geralmente é materializado em escala real e reúne todas as características funcionais, seja para ser testado como componente de um conjunto, ou para ser analisado por um Focus Group, permitindo fazer alguma correção necessária antes da entrada em produção (Chua, Leong, & Lim, 2003).

2.5.1.3 - Enquadramento Histórico

A Prototipagem Rápida nasceu nos anos 1970 com Herbert Voelcker que, em conjunto com a sua equipa de investigação, desenvolveu um algoritmo que permitiu a modelação de sólidos em 3D CAD (Torres, Staśkiewicz, Śnieżyński, Drop, & Maciejewski, 2011; Waurzyniak, 2009). Nos anos 1980 Deckard inventou e desenvolveu a sinterização seletiva a laser (SLS) (Lorincz, 2011). Também durante a segunda metade dos anos 80, e graças à existência do CAD 3D, foram desenvolvidas paralelamente outras três tecnologias aditivas: modelagem de deposição fundida (FDM) patenteada em 1989 por Scott Crump, cofundador da Stratasys (Kun, 2016), a estereolitografia (SLA) por Charles Hull (Torres et al., 2011) e a fabricação de objectos laminados (LOM), desenvolvido pela Helisys Inc.

A generalização do uso dos computadores espoletou o desenvolvimento de várias áreas relacionadas com a computação, tais como o desenho assistido por computador (CAD), a fabricação assistida por computador (CAM) e o controlo numérico computadorizado (CNC).

2.5.1.4 - Como se Processa

O processo de materialização de um objecto através das tecnologias de PR desenrola-se em três fases:

- Numa primeira fase a representação do objecto físico é modelado com recurso a software CAD, devendo as superfícies que compõem o volume ser fechadas, garantindo a estruturação de um sólido;
- Na etapa seguinte o modelo é convertido num formato de ficheiro STL (estereolitografia), sendo as faces do sólido convertidas em polígonos, cuja quantidade aumenta conforme a complexidade da forma e a curvatura das superfícies modeladas;
- Finalmente um programa de computador analisa o ficheiro STL, dividindo o sólido em secções transversais, que serão recriadas camada sobre camada no equipamento de PR que, dependendo da tecnologia, poderá acontecer através de fusão, solidificação ou união de determinados materiais.

2.5.1.5 - Tipos de Processos de Fabricação Digital

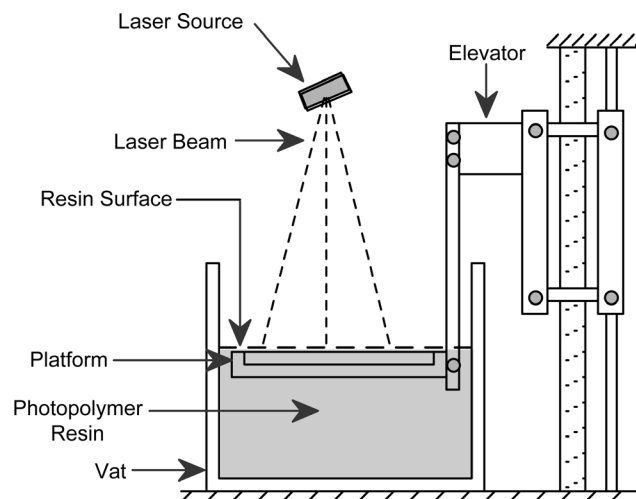
Alguns autores defendem que a Prototipagem Rápida diz respeito apenas a tecnologias de fabricação aditivas, cujo processo se baseia na sobreposição de finas camadas de material até à materialização do objecto final (Chua et al., 2003; Matias & Rao, 2015; Vasconcelos, Lino, & Neto, 2001), no entanto considerando, por um lado, a perspetiva técnica da conceção de um protótipo a partir de um ficheiro concebido através de CAD, e fabricado a partir da leitura de um ficheiro STL e, por outro lado, a viabilidade de produção de um modelo físico em poucas horas, com elevado grau de precisão e escasso desperdício de material, permite olhar para o termo PR de forma mais abrangente, incluindo igualmente tecnologias subtrativas e híbridas (Burns & Management Roundtable, 1991; Roland DGA, 2011; Verlinden, De Smit, Peeters, & van Gelderen, 2003).

2.5.1.6 - Tecnologias de Fabricação Aditivas

A Fabricação Aditiva (AM) é a designação dos processos de junção de materiais, geralmente camada a camada, para execução de objectos tridimensionais a partir de um modelo CAD. Desde a segunda metade dos anos 1980 têm vindo a ser desenvolvidos e comercializados diversos processos e tecnologias que, devido às suas características e crescente disponibilidade de acesso, têm sido rapidamente adotados pelas mais variadas áreas. Exemplos destes processos são:

Estereolitografia (SLA)

A estereolitografia é uma tecnologia comum para manufatura e prototipagem rápida que permite a produção de peças de alta precisão. O dispositivo que executa estereolitografia é o SLA ou Stereolithography Apparatus. De acordo com (Guo & Leu, 2013) esta tecnologia baseia-se na projeção de um laser que, através de um conjunto de espelhos galvanométricos, orientam a direção do feixe de laser para que este incida nas zonas definidas, originando assim a solidificação controlada do material de construção, reproduzindo o modelo físico pretendido. Uma vez pronto, o modelo sólido é removido do reservatório, procedendo-se então ao pós-processamento que consiste na remoção dos suportes de construção e à introdução da peça numa câmara de radiação UV, fazendo a cura do objecto final através de um processo de fotopolimerização. O material base utilizado no processo de estereolitografia é um composto formado por uma resina, acrescida de aditivos que proporcionam as propriedades físicas necessárias para o processo.



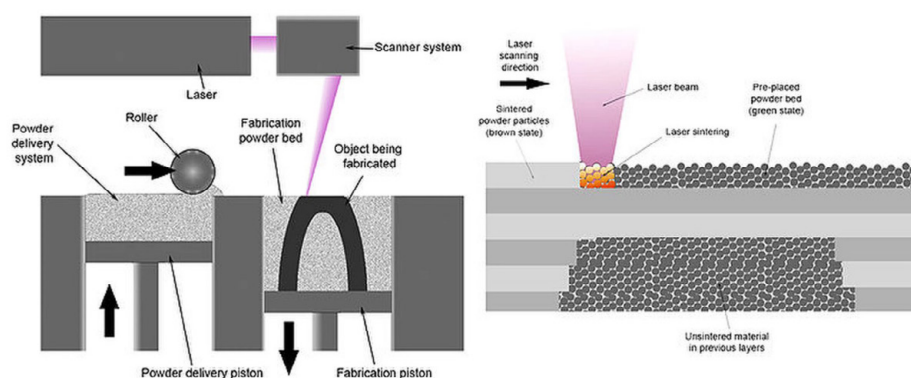
Fonte: <http://www.mkstechgroup.com/stereolithography-sla/>

Figura 28 - Funcionamento de aparelho de SLA

Selective Laser Sintering (SLS)

Na tecnologia de solidificação de pó (SLS), minúsculas partículas de plástico, cerâmica ou vidro são fundidas pelo calor de um laser de alta potência para formar um objecto sólido e tridimensional. O processo inicia-se com um ficheiro CAD, no formato STL, que é lido pelo equipamento. Os objectos impressos com SLS são feitos com materiais em pó que são dispersos numa fina camada no topo da plataforma de construção dentro da impressora. O laser, que é controlado pelo computador que dita qual a forma a imprimir, percorre uma secção transversal do objecto sobre o pó. O laser aquece o pó até pouco abaixo do seu ponto de ebulição (sinterização) ou acima do seu ponto de ebulição (fusão), que fundindo as partículas de pó em conjunto numa forma sólida. Quando a camada inicial é formada, a plataforma da máquina SLS desce (geralmente menos de 0,1 mm) expondo uma nova camada de

pó para o laser fundir. O processo repete-se até que todo o objecto esteja formado (Chua et al., 2003; Kumar, 2003).

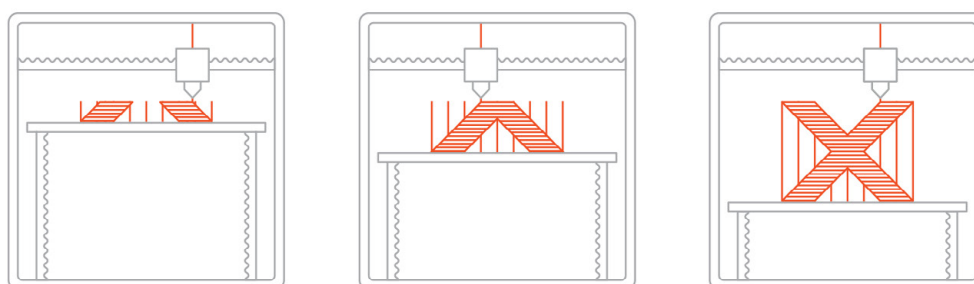


Fonte: <https://www.livescience.com/38862-selective-laser-sintering.html>

Figura 29 - Funcionamento de um aparelho de SLS

Modelação por Deposição Fundida (FDM)

A tecnologia FDM permite produzir modelos conceptuais, protótipos funcionais e peças para uso final com rigor e qualidade. É a única tecnologia de impressão 3D que, através de pontas de extrusão, depositam camada sobre camada o filamento termoplástico aquecido, que solidifica com o arrefecimento (Guo & Leu, 2013). O software de preparação de montagem divide o ficheiro STL em secções transversais e calcula um caminho para a extrusão do termoplástico, bem como para qualquer material de suporte necessário. O equipamento aquece o termoplástico até um estado semilíquido, e deposita-o na forma de pequenas gotículas ao longo do caminho de extrusão. O material é depositado num tabuleiro que vai descendo à medida que as camadas são finalizadas, para dar lugar às seguintes (Dudek, 2013). Nas zonas em que exista a necessidade de gerar um suporte para a peça, a impressora deposita um material que atua como andaime, que pode ser removido no final para libertar a peça desenhada. Atualmente existem equipamentos FDM capazes de extrudir materiais cerâmicos (Agarwala et al., 1995), e até produtos alimentares como o chocolate ou massas (Pinna et al., 2016).



Fonte: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing>

Figura 30 - Funcionamento de uma impressora FDM

2.5.1.7 - Tecnologias de Fabricação Subtrativas

Fabricação subtrativa diz respeito a equipamentos baseados em processos em que são removidas camadas de material de um bloco, para produção de um objecto a partir de um modelo CAD 3D, 2D ou G-code (Roland DGA, 2011).

Fresadora

A maquinação com fresadora é um processo de fabricação digital subtrativa, que remove material de uma peça maior, modelando a peça pretendida com recurso a fresas. Inicialmente para operar as fresadoras CNC era necessária a programação direta G-code, e estavam apenas disponíveis nas indústrias, mas com o surgimento de software CAM, que transforma o CAD em G-code, veio simplificar e agilizar o processo (Langnau, 2011; Lorincz, 2012).

As fresadoras permitem trabalhar com uma grande variedade materiais que vão desde as resinas até aos metais, incluindo ABS, acrílico, alumínio, latão, Nylon, PEEK, PVC, plexiglass, polycarbonato, polipropileno, teflon e madeira, entre outros. A qualidade dos acabamentos permitem a obtenção direta de peças finais, ou de moldes para utilizar posteriormente com outros materiais (Langnau, 2011; Roland DGA, 2011).



Fonte: (Geigertec Ltd, sem data)

Figura 31 - Fresadora CNC em funcionamento

Corte a Laser

O corte a laser é uma técnica de fabricação subtrativa digital que consiste em cortar ou gravar utilizando um laser que é direccionado para o material, que então derrete, queima, evapora ou é soprado

por um jato de gás, deixando as extremidades com um acabamento superficial de alta qualidade, podendo ser aplicado em materiais como o plástico, madeira, cartão, metais, etc. («Stainless Steel Material for Laser Cutting», sem data).



Fonte: (Engineers Journal, 2014)

Figura 32 - Cortadora a laser em funcionamento

2.5.1.8 - Tecnologias de Fabricação Híbridas

Consideram-se tecnologias híbridas aquelas que utilizam dois ou mais processos de fabricação (Chua et al., 2003). Também o surgimento de pequenas empresas e empreendedores individuais, com necessidade prototipar e produzir seus produtos a baixo custo, fez com que os fabricantes desenvolvessem e disponibilizassem comercialmente soluções com tecnologias mistas com valores acessíveis (Roland DGA, 2011). Atualmente estão disponíveis no mercado máquinas “all-in-one” que permitem fazer scan, impressão 3D, fresar e gravar a laser («2019 Best All-In-One 3D Printers (Scanner/Laser Engraver/CNC)», 2019). Um exemplo de uma tecnologia híbrida é a Moldagem por Injeção Rápida (RIM).

A tecnologia RIM refere-se à injeção de resinas termoplásticas num molde, tal como sucede na moldagem por injeção industrial, no entanto, o tempo e custo de produção é substancialmente inferior devido aos materiais e à utilização de PR na execução dos moldes (United States Patent N. US7125512B2, 2006; Langnau, 2011). Este processo é adequado quando se pretende repetir a peça, mas em quantidades reduzidas (25 a 10.000 unidades) ou reproduzir a mesma forma em materiais diferentes (Proto Labs, sem data).



Fonte: (Molde de Alumínio, sem data)

Figura 33 - Molde de alumínio

2.5.1.9 - Prototipagem Rápida na Medicina

A prototipagem rápida foi adotada pela área da medicina pelos benefícios que oferece: a brevidade de execução, a possibilidade de customização total, através da modelação 3D do objecto pretendido, e a viabilidade de conceber modelos CAD, a partir de exames clínicos como a ressonância magnética (RM) ou a Tomografia Axial Computorizada (TAC), podem e devem ser explorados. Apesar de serem utilizadas em muitas outras aplicações, foca-se a importância que têm no desenvolvimento de próteses, órteses, auxiliares de locomoção, modelos de estudo anatómicos, que substituem cirurgias exploratórias e corretivas. Salienta-se também o valor que estes modelos têm na comunicação, na compreensão de patologias e no ensino da medicina. Parte do equipamento médico, nomeadamente material cirúrgico e implantes em titânio, são concebidos com recurso à PR.

2.5.1.10 - Próteses e Prototipagem Rápida

Tendo em conta que cada paciente é único, existe a necessidade de customizar os equipamentos ortopédicos caso a caso (Burns & Management Roundtable, 1991). As tecnologias aditivas, para além da customização, permitem concretizar geometrias e estruturas que as tecnologias anteriores não possibilitavam (Burns & Management Roundtable, 1991). Também a rapidez de produção recorrendo à PR aportou, entre outras vantagens, a redução dos tempos de intervenção cirúrgica através da criação de modelos 3D a partir de TAC ou RM do paciente, permitindo um planeamento cirúrgico e preparação pré-operatória, e o de design e produção de próteses e implantes personalizados (Antas, Lino, & Neto, 2008; Foggiatto, 2006).

Processo de Prototipagem Rápida

Conforme (Lino, Barbado, Duarte, Neto, & Paiva, 2006), quando se trata de uma prótese ou implante, o processo de PR segue os seguintes passos:

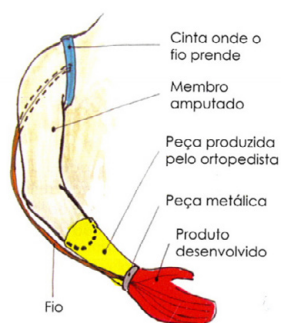
- Obtenção de dados tridimensionais a partir de TAC ou RM;
- Conversão das imagens para um formato universal CAD 3D;
- Conversão do ficheiro CAD 3D para um formato apropriado para prototipagem, normalmente uma extensão STL;
- 4 Construção física do modelo no equipamento de PR;
- Acabamentos, que podem incluir remoção de suportes e outros tratamentos de superfície adequados à finalidade do produto, como por exemplo anodização.

Este método processual pode ser utilizado tanto apenas para o implante ou prótese, como também para a impressão de um modelo físico anatômico do paciente em questão, permitindo simular e, se necessário, aperfeiçoar o encaixe e funcionalidade da prótese num modelo físico correspondente ao caso clínico real.

Caso de Estudo - Desenvolvimento de Prótese para Membro Superior com recurso a PR

O caso em análise é descrito por (Ferreira, Duarte, Carvalho, Alves, & Ferreira, 2016) e consiste numa prótese mecânica de uma mão humana, e que é acionada através do movimento de abertura das omoplatas ou da rotação do cotovelo.

É feita a ligação da prótese ao membro amputado através de um componente customizado, que é disponibilizado pelo ortopedista do paciente. Existe ainda uma peça de encaixe que faz a ligação entre este componente e a prótese da mão. Finalmente, será aplicada uma “luva” de silicone que pretende recriar o aspeto natural da pele.



Fonte: (Ferreira et al., 2016)

Figura 34 - Ligação da prótese ao utilizador



Fonte: (Ferreira et al., 2016)

Figura 35 - Protótipo impresso em 3D

Esta prótese foi modelada em CAD após uma fase inicial de estudos anatómicos e antropométricos, seguiu-se um estudo de soluções mecânicas para reproduzir os movimentos e articulações da mão considerados mais relevantes no seu funcionamento. Posteriormente os componentes rígidos da prótese foram impressos em Plástico de Políácido Láctico (PLA), e as restantes partes em Elastómero Termoplástico (TPE).

Assim, e apesar de terem sido identificados pontos de melhoria relativamente ao funcionamento da prótese, ficou provada a viabilidade de produzir através da prototipagem rápida uma prótese funcional para uma situação de amputação transradial, sendo um produto de fácil manutenção pelo facto de ser desmontável, e enquadrado dentro do peso estipulado para estes equipamentos (aproximadamente 200g).

2.5.2 – Próteses Humanas

2.5.2.1 - Contextualização Histórica e Evolutiva

O primeiro membro Protésico de que há registo foi encontrado na múmia de Tabeketenmut, filha de um sacerdote, e remonta a uma época entre 950 e 710 a. C. Trata-se de um dedão do pé direito, que se encontra no Museu do Cairo, no Egipto, e é constituído por três secções: duas em madeira e uma em couro. Os entalhes na madeira revelam consciência na anatomia e função do pé. Esta prótese tem um sistema de dobradiça que mimetiza a flexão metatarsofalângica e a parte inferior do dedo do pé é plana, promovendo a estabilidade (Finch, 2011; Nerlich, Zink, Szeimies, & Hagedorn, 2000).



Fonte: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/study-reveals-secrets-ancient-cairo-toe-180963783/a>

Figura 36 - Membro protésico encontrado na múmia de Tabeketenmut, do antigo Egipto

No British Museum, em Londres, existe um outro exemplar com origem no antigo Egito, que remonta a cerca de 600 a.C. Trata-se de uma prótese de um dedo do pé feita em cartonagem (material similar ao papel machê e consiste em camadas de linho, cola de origem animal e de gesso), e que seria atada ao pé de uma forma semelhante ao de uma sandália (Falder, Bennett, & Alvi, 2003; Norton, 2007).



Fonte: British Museum

Figura 37 - Prótese de dedo de 600 a.C.

De acordo com Mota (2017), o propósito das próteses nessa época tinha essencialmente motivações espirituais e religiosas. Acreditavam na necessidade da integridade física para manter a integridade espiritual, tanto na vida terrena, como após a morte.

Em 1858, foi desenterrada em Cápua, Itália, uma perna artificial que data de cerca de 300 a.C., feita de bronze e ferro, com um núcleo de madeira, aparentemente destinada a um amputado abaixo do joelho (Bellis, 2018).

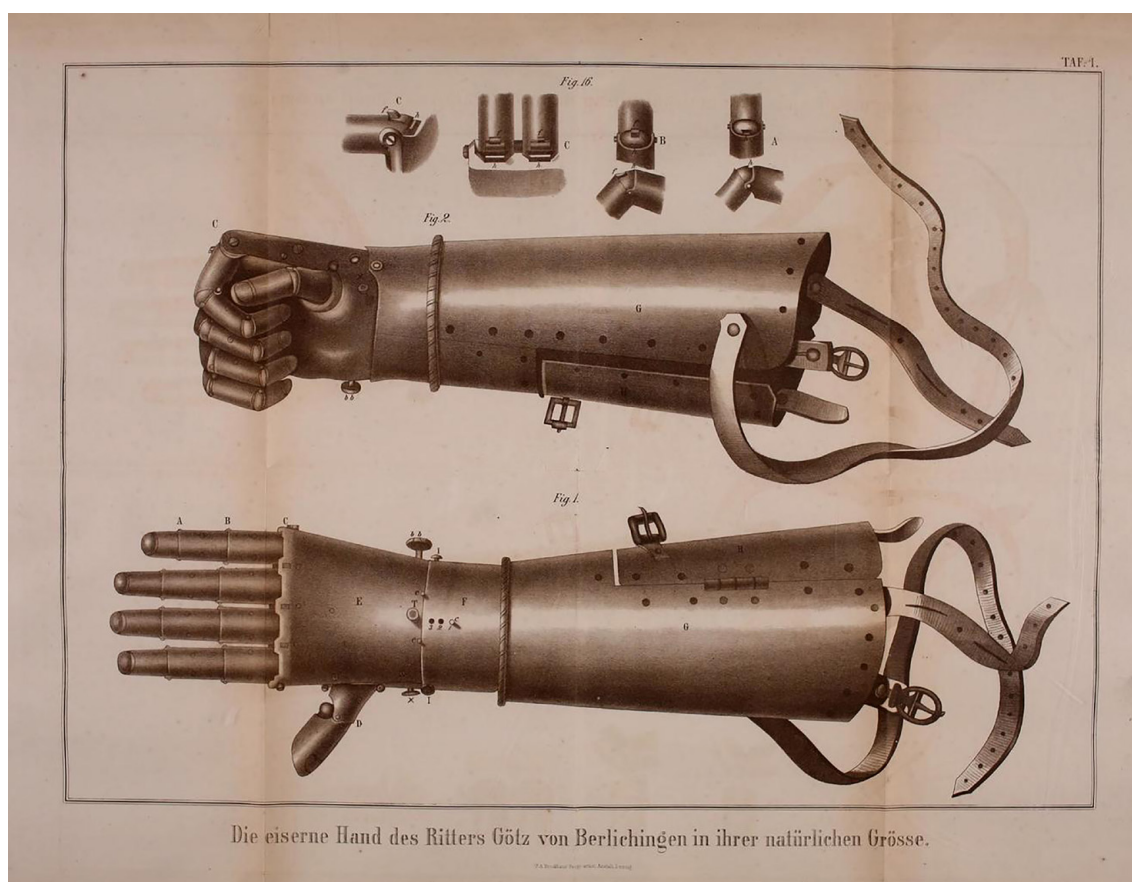


Fonte: <http://broughttolife.sciencemuseum.org.uk/broughttolife/objects/display?id=91684>

Figura 38 - Prótese de perna de 300 a.C.

Os avanços nesta área foram pouco significativos até à idade média. Neste tempo, a maioria das próteses pretendia esconder deformidades ou ferimentos de guerra, sendo dada pouca atenção à sua funcionalidade. Apenas os mais abastados podiam estar equipados com uma perna de pau ou, no caso dos membros superiores, um gancho que facilitasse as funções do quotidiano ou permitisse fixar um escudo em guerra.

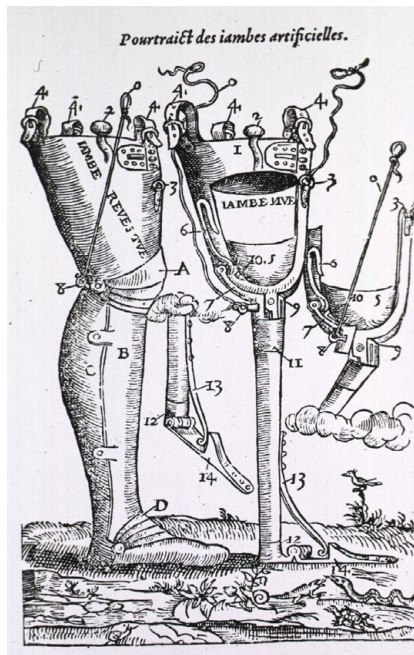
Em 1508, um mercenário alemão chamado Gotz von Berlichingen, que perdeu o braço direito na Batalha de Landshut, tinha uma mão de ferro tecnologicamente avançada, com um sistema de molas e tiras de couro, que articulavam a prótese quando acionadas com a outra mão (Norton, 2007).



Fonte: <https://www.sincerelaw.co.uk/wp-content/uploads/2016/02/1.jpg>

Figura 39 - Prótese de Gotz von Berlichingen

Conforme Bellis (2018) e Mota (2017), em 1529, Ambroise Paré, um barbeiro e cirurgião do exército francês, introduziu novos procedimentos para a cirurgia de amputação e, a partir de 1536, começou a fazer próteses. Paré inventou um dispositivo Protésico de perna e pé com articulação no joelho. Este dispositivo ajustável ao coto do utilizador permitia ter uma posição fixa através de sistemas de bloqueio que demonstraram o conceito correto de prótese. Outro importante contributo no desenvolvimento destes dispositivos, e que foi dado por Lorrain, um serralheiro colega de Paré, foi a substituição do tradicional ferro por de materiais mais leves como o couro, papel e cola (figura 26).



Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/0e/cb/87/0ecb8784271b6808f1aed59e6b49db7a.jpg>

Figura 40 - Prótese de perna desenvolvida por Paré, em 1575

Em 1800, o londrino James Potts projetou uma prótese feita com haste e encaixe para o coto (socket) em madeira, joelho em aço e um pé articulado que era controlado por fios desde o joelho até o tornozelo (figura 27). Esta prótese foi usada pelo Marquês de Anglesey, que perdeu uma perna na Batalha de Waterloo (Norton, 2007).



Fonte: Science Museum, London

Figura 41 - Prótese desenvolvida por James Potts para o Marquês de Anglesey

Em 1863, Dubois Parmlee inventou uma prótese avançada com encaixe no coto por sucção, joelho policêntrico e pé multiarticulado. Mais tarde, Gustav Hermann sugeriu em 1868 o uso de alumínio em vez de aço para tornar os membros artificiais mais leves e funcionais, no entanto só em 1912 Marcel Desoutter, um famoso aviador inglês que perdeu a perna num acidente de avião, fabricou a primeira prótese de alumínio com a ajuda do seu irmão Charles, um engenheiro (Norton, 2007).

Impulsionadas pelas guerras mundiais e epidemias de poliomielite, as contribuições mais significativas para órteses e próteses foram feitas a partir dos anos 1940. Entre 1945 e 1976, o governo dos E.U.A. incentivou projetos de pesquisa e desenvolvimento (R&D), tendo sido levados a cabo por universidades, unidades militares e indústria (Hovorka, Shurr, & Bozik, 2002).

Em 1968, surge a primeira referência à moldagem a vácuo de plásticos aplicada neste género de dispositivos, publicada num artigo científico da autoria do inglês Dr. Gordon Yates, em que são descritos os produtos finais, órteses de membros inferiores em PP e ABS. A utilização de polímeros exponenciou o desenvolvimento de inúmeros projetos inovadores em próteses e órteses nas décadas de 1960 e 1970 (Hovorka et al., 2002; Wilson Jr., 1974).

Os avanços na engenharia de materiais ultraleves e resistentes, despoletados pelo desenvolvimento da engenharia aeroespacial, a par com o CAD, a prototipagem rápida, a eletrónica e a robótica, promoveram a rápida evolução de próteses e órteses (Bellis, 2018; Norton, 2007).

Atualmente, os dispositivos são leves e resistentes, feitos de variados polímeros, metais como o alumínio e titânio, bem como de diversos materiais compósitos, disponibilizando aos amputados conforto e funcionalidade (Sanders et al., 2004).

2.5.2.2 - Endo-exo Próteses e Próteses Biónicas

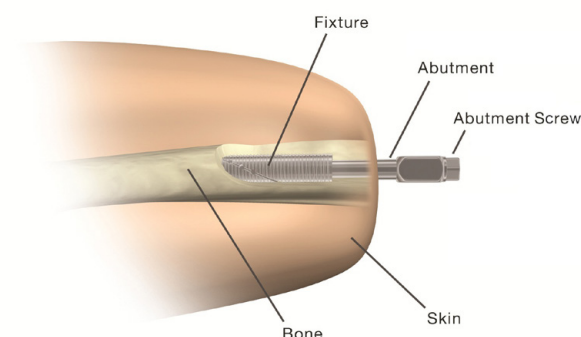
Os tecidos moles dos membros residuais não estão preparados para suportar cargas, pelo que acontece com alguma frequência ocorrer ulceração e outras lesões na pele. O tratamento destes problemas muitas vezes requer que a prótese não seja utilizada durante algum tempo, comprometendo a mobilidade e o desempenho no dia-a-dia do utilizador (Klute, Glaister, & Berge, 2010).

Na ligação esquelética direta (DSA) das próteses dos membros, é feito um implante em titânio no osso residual do membro amputado, e que se projeta para fora da pele na zona do coto. Esta tecnologia representa uma alternativa à tradicional utilização de sistemas de encaixe para a fixação das próteses. A DSA surge nos anos 1990, tendo sido introduzidos vários sistemas de implantes desde então (Pitkin, 2013).

Este sistema é adotado quando existe alguma rejeição da ligação ao membro Protésico, como por exemplo devido a uma inflamação dos tecidos moles ou reação alérgica aos materiais do revestimento que estão em contacto com a pele, no entanto a viabilidade depende de outros factores clínicos, nomeadamente do sucesso da osseointegração do implante ósseo (OPRA). Neste sistema a ligação da prótese à zona exterior do implante é feita através de sistema mecânico de encaixe rápido.

Os utilizadores OPRA relatam uma substancial melhoria na qualidade de vida, pois para além da comprovada funcionalidade, é salientada a facilidade na colocação e remoção da prótese, quando comparada com os anteriores sistemas de encaixe e, uma vez que a prótese não está em contacto direto com o corpo, deixam de existir problemas de pele ou inflamações dos tecidos moles. As endo-exo próteses concedem ainda propriocepção, factor fundamental para a funcionalidade e segurança dos utilizadores, mesmo quando se trata dos membros superiores (Hagberg & Brånemark, 2009; Pitkin, 2013).

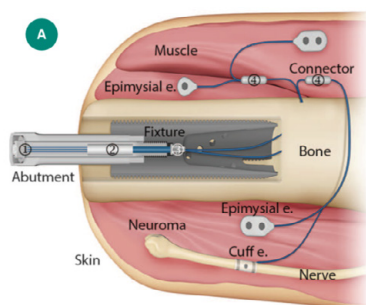
“A stable attachment of the prosthetic device with elimination of any movements of a socket, better proprioception due to the stable attachment directly to the bone; elimination of skin and pain problems related to a prosthetic socket; and a better potential to control the prosthetic limb.” (Hagberg, Häggström, Jönsson, Rydevik, & Brånemark, 2008, p. 131)



Fonte: <https://www.lips.org.uk/wp-content/uploads/2018/11/Principbild-OPRA-med-distansskruv.jpg>

Figura 42 - Endo-exo prótese (DSA)

Na última década houve um progresso significativo no campo das próteses de membros superiores. Os avanços na neurofisiologia e neurociência deram lugar a novas técnicas cirúrgicas e componentes Protésicos, como mãos articuladas por eletromiografia (EMG), ou seja, através de estímulos elétricos transmitidos através da colocação na pele ou no implante de elétrodos nos músculos no remanescente do membro amputado (Mastinu et al., 2019).



Fonte: <https://integrum.se/opra-implant-system/e-opra/>

Figura 43 - Funcionamento de sistema e-OPRA



Fonte: <https://integrum.se/opra-implant-system/e-opra/>

Figura 44 - Utilizador com prótese e-OPRA

Em 2013, foi implantado pela primeira vez o sistema e-OPRA, que combina a osseointegração com o implante de elétrodos neuromusculares (eEMG), e concede maior controlo nos movimentos e motricidade fina (Mastinu et al., 2019; «Upgrade your OPRATM Implant System to e-OPRA», sem data).

2.5.3 - Materiais e Tecnologias para Próteses

2.5.3.1 - Introdução

Uma prótese é um objecto artificial que substitui um membro ou uma parte do organismo, como um dente, uma articulação, um órgão ou um membro. O foco desta análise são as próteses de substituição de membros, considerando três princípios fundamentais: a funcionalidade, estrutura e estética (Lord & Turner-Smith, 2000).

De um modo geral, as partes que constituem uma prótese de um membro são: um encaixe personalizado (socket), uma estrutura interna (pylon), têxteis ou outros materiais que amortecem a área de contato, cintas ou outros sistemas de retenção que a fixem no corpo do utilizador e recobrimentos que poderão ser funcionais, ou meramente estéticos (Secrest, sem data).

Dos diversos materiais que podem ser utilizados, apenas aqueles que dizem respeito às partes que estão em contacto direto com o corpo terão de ser biocompatíveis ou bioinertes.

2.5.3.2 - Biomateriais

Biomateriais são materiais de origem natural ou artificial que são usados para gerir, suplementar ou substituir as funções dos tecidos vivos. Quando estes materiais provocam uma resposta biológica mínima, eles passam a ser denominados biocompatíveis. Para além da resposta do organismo ao material, devem ser igualmente considerados os efeitos dos processos biológicos no material (Black, 2006, p. 3).

De acordo com Vasilescu et al. (2017), os biomateriais podem ser classificados em 4 grupos:

- Os biocompatíveis e bioinertes – Quando em contacto com o tecido recetor não provocam reação de corpo estranho no organismo, não são tóxicos, cancerígenos ou mutagénicos. Além destas características, estes materiais não devem prejudicar a regeneração dos tecidos danificados durante a cirurgia, e os tecidos do organismo recetor devem adequar-se bem às propriedades biomecânicas dos materiais. Devem ser passíveis de esterilização, não podem ser corrosíveis ou degradáveis e devem manter-se estáveis durante a implantação (Vasilescu et al., 2017; Williams, 1999). Ex: titânio e zircónio.
- Biotolerados – moderadamente aceites pelo tecido recetor, e geralmente envolvidos por tecido fibroso. Ex: aço inoxidável e PMMA
- Bioativos – há integração direta aos tecidos vivos gerando bioatividade (Williams, 1999). Por exemplo a hidroxiapatita (Hap) (Williams, 1987), que favorece a ligação química com o tecido ósseo.
- Reabsorvíveis – lentamente degradáveis e gradualmente substituídos pelos tecidos. Ex: fosfacto tricálcico (TCP).

Tabela 1. Aplicações clínicas dos biomateriais^{4,5}.

Biomaterial	Vantagens	Desvantagens	Aplicações
Polímeros Polietileno PTFE Poliéster Poliuretano PMMA Silicona	Elasticidade, fácil fabricação, baixa densidade	Baixa resistência mecânica, degradação dependente do tempo	Suturas, artérias, veias; maxilofacial (nariz, orelha, maxilar, mandíbula, dente); cimento, tendão artificial; oftalmologia.
Metais e ligas Aço inoxidável Liga de titânio Liga de cobalto-cromo	Alta força de tensão, alta resistência a desgaste, energia de deformação alta	Baixa biocompatibilidade, corrosão em meio fisiológico, perda das propriedades mecânicas com tecidos conectivos moles, alta densidade	Fixação ortopédica (parafusos, pinos, placas, fios, hastes); implantes dentários
Cerâmicas e vidros Alumina Zircônia Carbono Fosfatos de cálcio Porcelana Vidros bioativos	Boa biocompatibilidade, resistência à corrosão, inércia, alta resistência à compressão	Baixa força de tensão, baixa resistência mecânica, baixa elasticidade, alta densidade	Ossos, juntas, dentes, válvulas, tendões, vasos sanguíneos e traquéias artificiais
Compositos Fibra de carbono-resina termofixa Fibra de carbono-termoplástico Carbono-carbono Fosfato de cálcio-colágeno	Boa biocompatibilidade, inércia, resistência à corrosão, alta força de tensão	Material de fabricação incompatível	Válvula cardíaca artificial (carbono ou grafite pirolítico), implantes de juntas de joelho (fibra de carbono reforçada com polietileno de alta densidade)

Fonte: (Kawachi, Bertran, Reis, & Alves, 2000, p. 519)

Tabela 1 - Aplicações clínicas de biomateriais

2.5.3.3 - Biomecatrônica

“As próteses fazem parte do campo da biomecatrônica, a ciência que explora o uso de dispositivos mecânicos com músculos, esqueleto e sistema nervoso humanos para auxiliar ou melhorar o controle motor perdido por trauma, doença ou defeito.”

(Aravinthan, GopalaKrishnan, Srinivas, & Vigneswaran, 2010, p. 1)

Quando ocorre a perda de um membro, a integridade do corpo fica comprometida em vários aspectos. Se considerarmos a falta de um dos membros inferiores, significa a perda do suporte estrutural que permite manter-se de pé, assim como das articulações e do sistema muscular que permitem a locomoção. Por outro lado, é também perdido o feedback sensorial transmitido pelos terminais nervosos da planta do pé, e os de distensão e contração musculares que permitem o controle esquelético-motor, comprometendo a biomecânica natural. Há ainda que considerar que o corpo perde uma percentagem significativa do seu peso, tornando-se assimétrico e desequilibrado (Lord & Turner-Smith, 2000).

Uma prótese de substituição de um membro inferior deve ser significativamente mais leve do que a sua contraparte natural, pela própria inexistência do músculo que a controla. O design de próteses tem beneficiado com sistemas e materiais com origem em outras áreas de engenharia, como

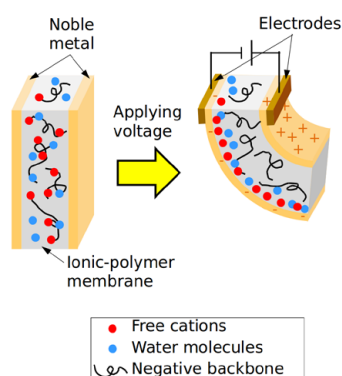
sistemas de amortecimento pneumáticos e hidráulicos, materiais leves e resistentes, como por exemplo a fibra de carbono (Lord & Turner-Smith, 2000).

A eletrônica e Inteligência Artificial (AI) são algumas das áreas que contribuem para esta nova geração de próteses (Bradley & Russell, 2010), sendo por isso utilizados sensores, motores, elétrodos, circuitos elétricos e outros componentes eletrônicos.

Serão referidos, a título de exemplo, alguns materiais concebidos especificamente para a área da biomecatrónica, e já aplicados em próteses:

IPMC

Os Compósitos iónicos de Polímero-Metal (IPMC) são polímeros caracterizados pela flexibilidade mecânica, com flexão eletricamente induzida através de baixa tensão, ou seja, a difusão de iões entre os elétrodos faz com que o material se dobre (figura 31). São materiais de baixa densidade e de fácil fabricação, e atuam como um músculo artificial num membro Protésico (Aravinthan et al., 2010; Bradley & Russell, 2010).



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/Ionic_polymer-metal_composites.png

Figura 45 - Caracterização de compósitos iónicos de polímero-metal (IPMC)

Pyralux

Pyralux® é um laminado flexível de dupla face, feito com um compósito de poliimida (polímero de monómeros imida) ligado a folha de cobre com um adesivo de acrílico modificado (figura 32). Este material é utilizado em circuitos elétricos que requerem flexibilidade, resistência à temperatura e alta fiabilidade (Edin et al., 2008).



Fonte: <https://cdn-blog.adafruit.com/uploads/2015/02/Photo-Feb-06-2-07-51-PM.jpg>

Figura 46 - Piralux

2.5.3.4 - Materiais Estruturais

Existem diversas tipologias de próteses e, cada uma destas é feita à medida das necessidades do seu utilizador. Em cada prótese existem uma série de componentes, desde sistemas de encaixe a revestimentos. Referem-se algumas tipologias de materiais frequentemente utilizadas nas próteses atuais:

Metais

Os metais são usados principalmente para componentes articulados, sendo o alumínio um dos mais utilizados. Algumas peças de dimensões reduzidas são em aço inox. O titânio, devido à sua bio-compatibilidade, é usado essencialmente nas partes dos dispositivos que contactam diretamente com o corpo. Apesar da maioria das características físicas deste metal ser ideal para outros componentes das próteses, o seu preço elevado leva a outras opções economicamente mais acessíveis (Bradley & Russell, 2010).



Fonte: <https://www.armdynamics.com/our-care/finger-and-partial-hand-prosthetic-options>

Figura 47 - Mão biónica em titânio e fibra de carbono

Polímeros

Desde os anos 1970 são utilizados termoplásticos nos componentes estruturais das próteses e órteses. O polipropileno (PP) forma rígida é utilizado para suporte estrutural e o polietileno (PE), sendo mais flexível, é frequentemente aplicado na interface prótica com o membro residual, permitindo um encaixe mais confortável e ergonómico. Os copolímeros (polímero formado por diferentes monómeros, como por exemplo o ABS) que podem ser aquecidos e reformulados após a fabricação inicial para acomodar, por exemplo, as mudanças no membro residual (Bradley & Russell, 2010).



Fonte: <http://www.allaroundplastics.com/en/article/innovation-en/2323>

Figura 48 - Prótese de pé em polímeros

Compósitos

Os materiais compósitos como a fibra de carbono são alternativas ao aço, alumínio, titânio e magnésio, pois reúnem características físicas como o baixo peso, resistência química, ao impacto, à tração e à corrosão. Estes materiais mantêm as suas características e desempenho numa ampla faixa de temperaturas. Ainda, estes materiais são produzidos em moldes, permitindo a fabricação customizada, de acordo com a morfologia do utilizador (Bradley & Russell, 2010; Metzger, 2006; Mota, 2017).



Fonte: https://www.spshangerstore.com/media/catalog/product/r/s/rs1-kit_image.jpg

Figura 49 - Prótese de pé em fibra de carbono

2.5.3.5 - Recobrimentos Cosméticos

As próteses não procuram apenas a reposição da mobilidade, existindo uma preocupação estética. Existem recobrimentos hiper-realistas, com sardas, veias e pelos. Estes recobrimentos geralmente são feitos de latex, silicone, cloreto de polivinil (PVC) e uretanos (figura 36). As características esperadas destes materiais, para além da aparência, são a flexibilidade, resistência a manchas, resistência térmica e a danos causados pelos raios UV, impermeabilidade ou que não causem reações adversas no corpo do utilizador (Bradley & Russell, 2010).



Fonte: http://www.prostheticrx.com/uploads/3/9/0/8/39082723/9343595_orig.jpg

Figura 50 - Recobrimento cosmético da prótese de um pé

Nem sempre a estética corresponde ao realismo quando se trata de uma prótese. A mimetização nas próteses procurava a aceitação social, não ser olhado como inferior por ter um membro em falta. Os membros biónicos vieram alterar este paradigma, uma vez que para além de permitirem repor funcionalidades perdidas, conseguem trazer, em alguns casos, melhorias na performance dos seus utilizadores. Veja-se o caso de Oscar Pistorius, com dupla amputação dos membros inferiores desde os 11 meses de idade e que, em 2004, nove meses depois de começar a treinar com próteses em lamina de carbono, ganhou os 200m nos jogos Paralímpicos de Atenas. Em 2008, Pistorius acabou por ser banido da competição pela Federação Internacional de Atletismo, por se ter detetado que as suas próteses lhe davam uma vantagem injusta sobre os adversários (Lippi & Mattiuzzi, 2008).

“The perceived stigma arising from use of a prosthetic hand has been considerably reduced because of aesthetic improvements. Commercially available coverings range from the life like to the futuristic.”

(Clement, Bugler, & Oliver, 2011, p. 337)



Fonte: <https://media.wired.com/photos/5932c34da30e27707249ae5d/master/pass/oscar-pistorius.jpg>

Figura 51 - Oscar Pistórius utilizando as próteses

A tecnologia é cada vez mais apreciada, e um portador de uma prótese biônica mais facilmente tende a ser visto como um indivíduo fisicamente sobredotado do que como um deficiente. Esta mudança de paradigma leva os utilizadores a assumir despidoradamente o aspeto biônico e futurista das próteses mais modernas.



Fonte: <https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/GvcHjQXKtsos6BqXLLKd38.jpg>

Figura 52 - Prótese biônica

“Wearable technology” and “wearable devices” are phrases that describe electronics and computers that are integrated into clothing and other accessories that can be worn comfortably on the body.”

(Wright & Keith, 2014)

A adoção da tecnologia como algo que pode ser usado no corpo de qualquer pessoa, e a percepção de que proporciona capacidades extra, como por exemplo a realidade aumentada nos Google Glasses, torna-a mais desejável e bem aceite (Kalantari, 2017). A tecnologia não é apenas aceite, é uma tendência.



Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/JhCOqAMuegk/maxresdefault.jpg>

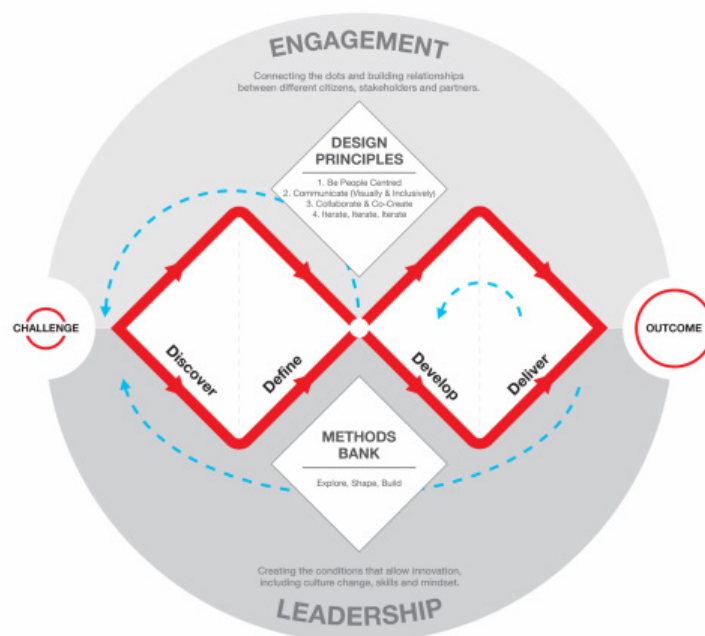
Figura 53 - Smart glasses

2.6 - Design de produto

2.6.1 - Introdução

O desenvolvimento de um novo produto nunca é simples ou rápido. O desenvolvimento requer pesquisa, planeamento rigoroso e a seleção das metodologias apropriadas. O designer de produto, para conseguir desenhar respostas eficazes aos desafios que surgem, além de organizado e criativo, deve ser multifacetado, apresentando conhecimento em várias áreas. Esse conhecimento deve abarcar noções de marketing, ciências sociais, sistemas de fabrico, materiais e tecnologias, entre outras (Baxter, 2018).

De acordo com o Design Council (2015), o diagrama double diamond (figura 40) traduz visualmente as fases do processo de design. O primeiro diamante diz respeito à descoberta e definição do problema, feito através de pesquisa e auscultando as pessoas afetadas pelo problema. O formato remete para a primeira fase, a da descoberta, ser expansiva, afunilando posteriormente para a definição do problema. Seguidamente, no segundo diamante, é representado de forma expansiva o desenvolvimento de soluções, em que se apresentam diferentes respostas para o problema e, finalmente, um novo afunilamento que corresponde à fase de entrega, que envolve a prototipagem e teste de diferentes soluções, rejeitando as que não se demonstram eficazes.



© Design Council 2019

Fonte: (Design Council, 2007)

Figura 54 - Processo de design – diagrama double diamond

O planeamento de um produto começa na identificação de uma necessidade e, numa primeira fase, deve começar por uma pesquisa de mercado de forma a identificar produtos similares e a definir especificações do produto e viabilidade de mercado. A fase de planeamento é fundamental visto ser a menos dispendiosa do processo, e permitir evitar erros desnecessários em fases posteriores, que seriam mais onerosos (Baxter, 2018).

Baseado no diagrama double diamond e com o intuito de reforçar a ideia de dedicar mais tempo a uma fase inicial de planeamento, optou-se por representar um esquema processual com mais diamantes (figura 41). Esta representação tem diamantes de tamanho diferenciando, que corresponde ao tempo dedicado a cada etapa, incluindo sempre momentos de expansão e afunilamento. Graficamente obtém-se uma representação por quatro diamantes, que espelham a abordagem processual dos produtos desenvolvidos, no âmbito desta investigação.

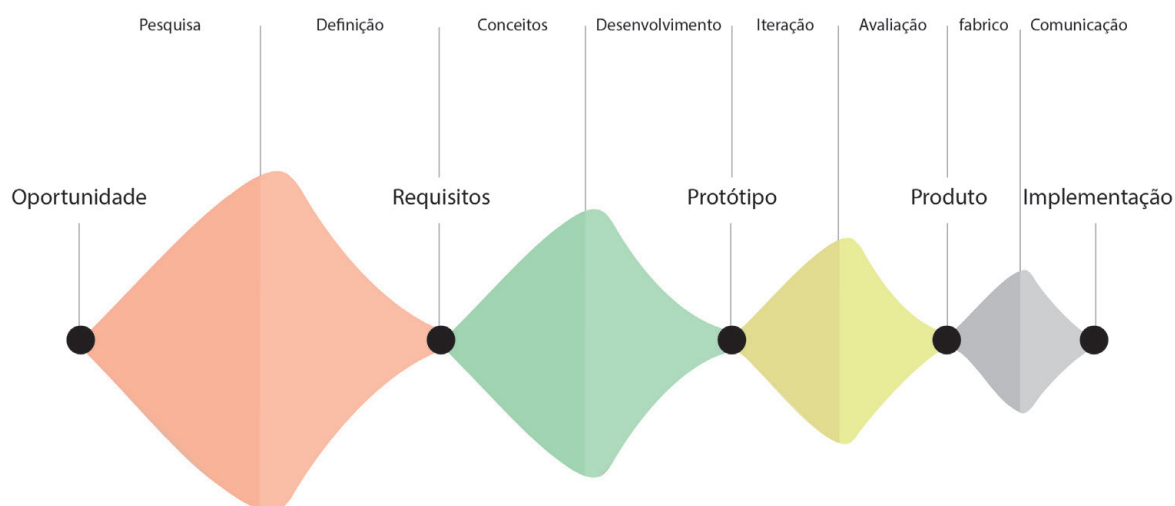


Figura 55 - Processo de design – adaptação do Double Diamond (Design Council, 2007) – Autora

De acordo com Stoll (1999), num bom design o produto deve ser funcional, esteticamente atraente e com baixo custo, considerando todo o ciclo de vida do produto. Outro factor importante é a oportunidade, o momento em que o mesmo é disponibilizado e a rapidez da resposta à solicitação do mercado. O mercado é exigente e a qualidade não pode ser descurada, sendo necessário assegurar que o desempenho corresponde aos requisitos de funcionalidade, manutenção e durabilidade, de forma a manter a confiança e fidelizar os clientes.

Estes são alguns dos requisitos que devem ser considerados no planeamento do produto. O produto deve ser alvo de uma abordagem metódica e estruturada, através da utilização de ferramentas e metodologias que contribuem para a otimização do processo. Em projetos mais complexos, em que é necessária a subdivisão de problemas e trabalho em equipa, é essencial um planeamento claro e bem estruturado, para que todos possam compreender como podem contribuir e em que fase, para o atingimento do objectivo comum.

2.6.2 - Design Centrado no Utilizador

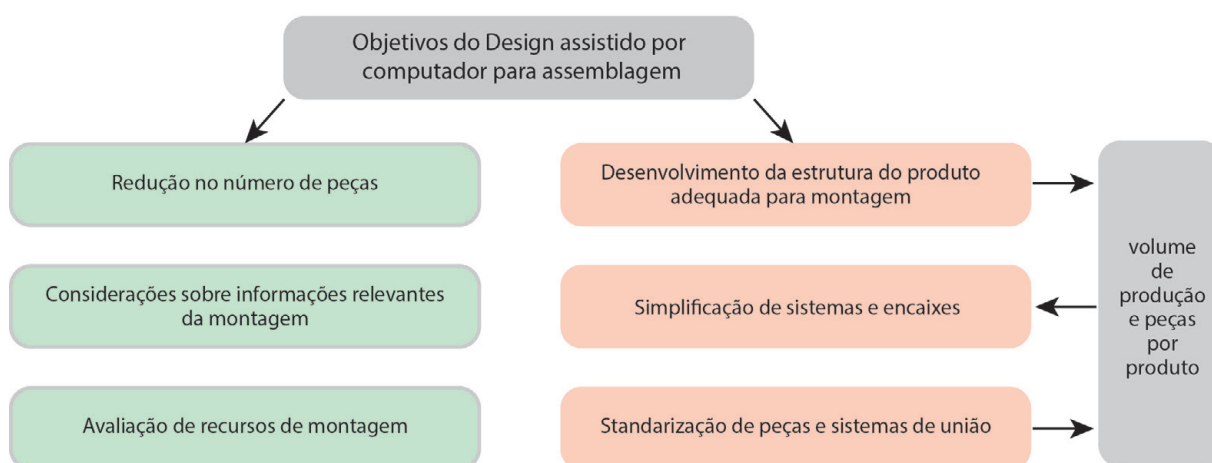
O design centrado no utilizador é uma abordagem do design, focado no desejo de entender as necessidades do utilizador, mas também na recolha de dados e monitorização da interação com o produto (Morris, 2009). No caso dos produtos cujos utilizadores finais são os animais, teremos dois focos de atenção, por um lado o próprio animal, o seu comportamento e os factores inerentes à etologia e, por outro, os seu tutores, que, para além de serem fontes de informação sobre o temperamento, meio físico e hábitos do animal, são também os consumidores que definem parte dos requisitos do produto a projetar. Só o tutor pode indicar se o animal é enérgico ou calmo, se usa uma caixa de areia para fazer as necessidades ou se passeia no exterior, se tem propensão para roer, etc.

“To understand successful design requires an understanding of the technology, the person, and their mutual interaction”

(Norman & Draper, 1986, p. 1)

2.6.3 - Design para a Manufatura e Assemblagem

Ao projetar produtos mais complexos, com o objectivo de reduzir tempos e custos de fabrico, procura-se a simplificação da geometria dos modelos, reduzir do número de componentes e, sempre que possível, atribuir-lhes mais do que uma função. A utilização de sistemas modulares e componentes estandardizados permite eliminar operações que requeiram conhecimento especializado e tornam o processo de assemblagem mais eficaz, rápido e económico (Kamrani & Salhieh, 2011).



Fonte:- Adaptado de (Molloy, Tilley, & E.Warman, 2013, p. 80)

Figura 56 - diagrama do processo do Design para manufatura e assemblagem

2.6.4 - Design Inclusivo

Seja o Design Inclusivo, o Design Universal ou o Design para a Discapacidade, as boas práticas estéticas e ergonómicas prevalecem (Morris, 2009). Ao projetar para um Design Inclusivo é fundamental ter em conta a diversidade física dos utilizadores, das idades e da dimensão social. É igualmente importante compreender que um dia também nós seremos idosos, e não projetar as nossas capacidades atuais quando consideramos os requisitos de um produto ou serviço. Para além das limitações naturais do avançar da idade, ninguém está livre de deteriorar, por doença ou acidente, temporária ou permanentemente, alguma das suas faculdades. De acordo com Pinheiro & Silva (2010) “O design deve ajudar as pessoas e as comunidades a prepararem-se para o futuro, assim como deve contribuir para melhorar a qualidade de vida no presente. Projetar para a inclusão significa incluir as pessoas que normalmente poderiam ser ignoradas no processo de design.”

“In Europe almost 25 % of the population suffer from some form of functional limitation. In Portugal, more than 1 million of persons have some type of inability.”

(F. M. da Silva & Almendra, 2007)

A prática do Design Inclusivo almeja aumentar a segurança, autonomia e acessibilidade para toda a população. É uma questão de justiça social.

2.6.5 - Design para a Discapacidade

Perante a oportunidade de desenvolver um produto, é frequente existir uma motivação económica para selecionar um público alvo que trará maior viabilidade, no entanto existem exceções. No caso do design para pessoas, ou animais, com alguma discapacidade, o desenvolvimento de produtos que melhorem a qualidade de vida poderão ser motivados por questões éticas. Isto não significa que não haja viabilidade económica, uma vez que estamos perante um crescente envelhecimento da população (Morris, 2009).

Os membros protésicos são extensões do corpo, tornando-se por vezes num redesign do próprio corpo de quem os usa. “A elegância abstrata das atuais próteses desafia a dualidade entre estética e funcionalidade que esteve presente durante tanto tempo”

(Pullin, 2009, p. 35 tl).

Do desenhar uma prótese, para além dos óbvios requisitos médicos, ergonómicos e biomecânicos, o designer deve ter em consideração factores subjetivos, como cultura e personalidade do utilizador (e tutor). Por exemplo, se o utilizador prefere uma prótese cosmética discreta ou assumir um membro biónico (Gardner-Bonneau, Weinger, & Wiklund, 2011). Toda esta informação, bem como as funcionalidades desejadas, deve ser incluída numa listagem de requisitos que será a base da organização e desenvolvimento do projeto.

De acordo com Gardner-Bonneau et al. (2011) o design dos dispositivos médicos deve ser o mais simples possível. Os designers devem procurar simplificar o manuseio e manutenção do produto e, sempre que possível, reduzir o número de etapas para interação, tal como eliminar o recurso a ferramentas específicas. Os testes de usabilidade são um factor crítico e um método fiável para identificar problemas na interface com o utilizador (UI). Quanto mais cedo for possível testar a utilização do dispositivo, mais fácil será prevenir falhas na segurança, eficácia ou a insatisfação do utilizador.

As regras básicas para o Design de equipamento médico são:

Garantir a segurança do utilizador, minimizando os riscos de infligir ferimentos ao utilizador ou a terceiros;

Antecipar falhas do equipamento, devendo este ser tolerante ao erro para reduzir o impacto, em caso de falha ou utilização indevida;

Maximizar a acessibilidade facilitando o manuseio por diferentes tipos de operadores

Não estar dependente de um manual de instruções para utilizar

Harmonização com modelos mentais baseados em experiências anteriores com equipamentos ou sistemas similares;

Estabelecer mapeamentos convencionais para tornar a utilização intuitiva;

Não negligenciar a aparência do produto.

“Devices designed to provide an impression of quality can inspire greater user confidence (and even pride of ownership).”

(Gardner-Bonneau et al., 2011, p. 21)

Uma discapacidade física pode ser contornada com a utilização de dispositivos médicos. Para a conceção deste género de equipamentos é necessário o trabalho conjunto de equipas multidisciplinares de médicos, designers e engenheiros, tornando essencial uma boa organização e colaboração dos profissionais envolvidos. O produto final provém de um processo iterativo que culmina numa resposta aos requisitos clínicos, moldada às necessidades do utilizador. Este género de produtos, pela sua especificidade e grau de customização dificilmente têm boa viabilidade económica (Coton, Pinto, Veytizou, & Thomann, 2014).

2.6.6 - Metodologias do Design

No contexto do pós-guerra do século XX, tornou-se imperativa a reestruturação das indústrias para recuperar a economia (Neves, 2017). Nos anos 60, pela necessidade de suportar todas as decisões com argumentos racionais, surgem, através da Ulm Scholl of Design, as primeiras metodologias de design, caracterizadas por uma estrutura hierárquica e pelo rigor científico (Barros, Barbosa, & Cavalcanti, 2017). A articulação entre design e ciência, defendida por Tomas Maldonado e Gui Bonsiepe, promove a adaptação de métodos científicos no processo de design (Barros, Barbosa, & Cavalcanti, 2017; Bürdek, Dale, Richter, & Hausmann, 2015; Linden, Lacerda, & Aguiar, 2011).

A racionalidade dos modelos de ensino provenientes da HfG-Ulm foram a base estrutural das metodologias mundialmente lecionadas nas escolas de design. Em meados do século XX, o processo de conceção de um produto tinha, inicialmente, foco no artefacto em si e na sua relação com os elementos visuais, estando este no centro do processo de design. No final do século deu-se uma mudança de paradigma passando o design a ser centrado no utilizador, tendo em conta o contexto sociocultural, necessidades, emoções e modelos mentais (Freitas, Coutinho, & Waechter, 2013).

"Until the 1970s, most of the methods applied had been deductively oriented, with work proceeding from a general problem and oriented toward a special solution (from outside in). In what became known as new german design, an inductive approach was increasingly applied, asking what effect (meaning) a design might have - but never who its potential users might be."

(Bürdek et al., 2015, p. 114)

Esta abordagem mais focada no factor humano veio redirecionar o processo de design e a necessidade de adotar também metodologias de investigação tradicionalmente ligadas às humanidades.

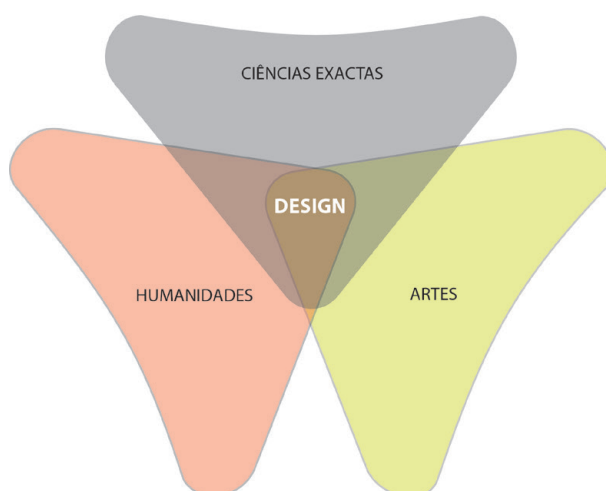


Figura 57 - Diagrama das metodologias utilizadas no design (Autora)

As metodologias de design são uma classificação sistemática de métodos, técnicas ou ferramentas utilizados no processo de desenvolvimento de produtos, e sua aplicabilidade na resolução de problemas concretos, providenciando um suporte lógico e organizado ao desenvolvimento dos projetos (Bürdek et al., 2015; Freitas et al., 2013).

De acordo com F. J. C. M. da Silva (2010), as metodologias podem ser intervencionistas ou não-intervencionistas, de base qualitativa ou quantitativa. Nas investigações em design é frequente o recurso a metodologias mistas, e esta nova forma de investigar com rigor científico, está a introduzir profundas alterações ao nível das chamadas metodologias tradicionais, do campo das ciências sociais, ou da ciência pura (métodos matemáticos ou experimentais) ou as da história/estudos de arquivo, entre outras.

“O design contemporâneo é marcado e constituído pela integração entre as diversas áreas dialógicas a esse campo, tais como, a arte, a arquitetura, a engenharia, a moda, a sustentabilidade mais diretamente e, outras que parecem distantes, mas que também atuam em conjunto tais como, a medicina, a física e a biotecnologia.”

Referências Bibliográficas do Capítulo

- 2019 Best All-In-One 3D Printers (Scanner/Laser Engraver/CNC). (2019, Julho 9). Obtido 4 de Agosto de 2019, de All3DP website: <https://all3dp.com/1/all-in-one-laser-3d-printer-scanner-cutter-engraver-cnc/>
- Adam, M. (2017, Abril 27). Como investir no mercado de animais de estimação? Jornal de Negócios. Obtido de <https://www.jornaldenegocios.pt/trading/detalhe/como-investir-no-mercado-de-animais-de-estimacao>
- Alport, B. (2017, Maio 31). 3D Printed Bespoke Canine Prosthesis. Wales Centre for Advanced Batch Manufacturing. <http://www.cbmwales.co.uk/3d-printed-bespoke-canine-prosthesis/>
- Agarwala, M. K., Weeren, R. V., Vaidyanathan, R., Bandyopadhyay, A., Carrasquillo, G., Jamalabad, V., ... Danforth, S. C. (1995). Structural ceramics by fused deposition of ceramics. 1995 International Solid Freeform Fabrication Symposium.
- Antas, A. F., Lino, F. J., & Neto, R. (2008). Utilização das tecnologias de prototipagem rápida na área médica. Proceedings CLME'2008-5o Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, IICEM-2o Congresso de Engenharia de Moçambique.
- Arabia, C. J. (2015, Março 25). Derby The Dog Gets New 3D Printer Prosthetic Legs. Dogtime. <https://dogtime.com/dog-health/general/21330-derby-the-dog-gets-new-prosthetic-legs>
- Aravinthan, P., GopalaKrishnan, N., Srinivas, P. A., & Vigneswaran, N. (2010). Design, development and implementation of neurologically controlled prosthetic limb capable of performing rotational movement. INTERACT-2010, 241–244. <https://doi.org/10.1109/INTERACT.2010.5706148>
- Azevedo, F. (2015, Outubro 1). Portugal é um país Pet-Friendly. Obtido 7 de Outubro de 2019, de GfK - Growth from Knowledge website: <https://www.gfk.com/pt/insights/press-release/portugal-e-um-pais-pet-friendly/>
- Banks, M. R., & Banks, W. A. (2002). The Effects of Animal-Assisted Therapy on Loneliness in an Elderly Population in Long-Term Care Facilities. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 57(7), M428–M432. <https://doi.org/10.1093/gerona/57.7.M428>
- Barros, G., Barbosa, F., & Cavalcanti, V. C. (2017). BRUCE ARCHER: Método Sistemático para Designers. Obtido de https://www.academia.edu/33689841/BRUCE_ARCHER_M%C3%A9todo_Sistem%C3%A1tico_para_Designers
- Baxter, M. (2018). Product design. CRC Press.

- Beck, L., & Madresh, E. A. (2008). Romantic Partners and Four-Legged Friends: An Extension of Attachment Theory to Relationships with Pets. *Anthrozoös*, 21(1), 43–56. <https://doi.org/10.2752/089279308X274056>
- Beerda, B., Schilder, M. B. H., Van Hooff, J. A. R. A. M., De Vries, H. W., & Mol, J. A. (1999). Chronic Stress in Dogs Subjected to Social and Spatial Restriction. I. Behavioral Responses. *Physiology & Behavior*, 66(2), 233–242. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(98\)00289-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(98)00289-3)
- Bellis, M. (2018, Setembro 24). Who Invented Prosthetics? Obtido 7 de Agosto de 2019, de ThoughtCo website: <https://www.thoughtco.com/brief-history-of-prosthetics-4019665>
- Belshaw, Z., Asher, L., Harvey, N. D., & Dean, R. S. (2015). Quality of life assessment in domestic dogs: An evidence-based rapid review. *The Veterinary Journal*, 206(2), 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.07.016>
- Bernard, P., & Demaret, A. (1996). Pourquoi possède-t-on des animaux de compagnie? Raisons d'aujourd'hui, raisons de toujours. Bodson, L. (Ed) *L'animal de compagnie : ses rôles et leurs motivations au regard de l'histoire. Colloques d'histoire des connaissances zoologiques*, 8, 119–130.
- Black, J. (2006). Biological performance of materials: Fundamentals of biocompatibility. Obtido de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=1714541>
- Bradley, D., & Russell, D. W. (Eds.). (2010). *Mechatronics in action: Case studies in mechatronics - applications and education*. London: Springer.
- Broom, D. M. (1991). Animal welfare: Concepts and measurement. *Journal of Animal Science*, 69(10), 4167–4175. <https://doi.org/10.2527/1991.69104167x>
- Broom, Donald M., & Fraser, A. F. (2015). *Domestic animal behaviour and welfare* (5th edition). Wallingford, UK ; Boston, MA: CABI.
- Bubach, K. (2012, Setembro 13). Bald Eagle Gets 3D Printed Beak Prosthesis. Singularity Weblog. <https://www.singularityweblog.com/bald-eagle-gets-3d-printed-beak-prosthesis/>
- Bürdek, B. E., Dale, M., Richter, S., & Hausmann, N. (2015). Design: History, theory and practice of product design. Obtido de <http://www.degruyter.com/viewbooktoc/product/450120>
- Burns, M., & Management Roundtable, I. (1991). *Rapid prototyping: System selection and implementation guide*. Boston, Mass.: Management Roundtable, Inc.
- Chandler, C. K., Fernando, D. M., Barrio Minton, C. A., & Portrie-Bethke, T. L. (2015). Eight Domains of Pet-Owner Wellness: Valuing the Owner-Pet Relationship in the Counseling Process. *Journal of Mental Health Counseling*, 37(3), 268–282. <https://doi.org/10.17744/mehc.37.3.06>

- Christiansen, S. B., & Forkman, B. (2007). Assessment of animal welfare in a veterinary context—A call for ethologists. *Applied Animal Behaviour Science*, 106(4), 203–220. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.01.004>
- Chua, C. K., Leong, K. F., & Lim, C. S. (2003). *Rapid prototyping: Principles and applications* (2nd ed). New Jersey: World Scientific.
- Clement, R. G. E., Bugler, K. E., & Oliver, C. W. (2011). Bionic prosthetic hands: A review of present technology and future aspirations. *The Surgeon*, 9(6), 336–340. <https://doi.org/10.1016/j.surge.2011.06.001>
- Clutton-Brock, J. (Ed.). (1989). *The Walking larder: Patterns of domestication, pastoralism, and predation*. London ; Boston: Unwin Hyman.
- Cole, G. L., & Millis, D. (2017). The effect of limb amputation on standing weight distribution in the remaining three limbs in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 30(01), 59–61. <https://doi.org/10.3415/VCOT-16-05-0075>
- Coton, J., Pinto, M. de G., Veytizou, J., & Thomann, G. (2014). Design for Disability: Integration of Human Factor for the Design of an Electro-mechanical Drum Stick System. *Procedia CIRP*, 21, 111–116. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.169>
- Crump, S. S., Jr, W. R. P., & Hanson, J. J. (2006). United States Patent N. US7125512B2. Obtido de <https://patents.google.com/patent/US7125512B2/en>
- da Silva, F. J. C. M. (2010). Investigar em design versus investigar pela prática do design—um novo desafio científico. *INGEPRO-Inovação, Gestão E Produção*, 2(4), 82–91.
- da Silva, F. M., & Almendra, R. (2007). Inclusive design: A new approach to design project. Em *A portrait of state-of-the-art research at the Technical University of Lisbon* (pp. 605–621). Springer.
- Dawkins, M. S. (1988). Behavioural deprivation: A central problem in animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 20(3–4), 209–225. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(88\)90047-0](https://doi.org/10.1016/0168-1591(88)90047-0)
- Design Council. (2007, Janeiro 20). 11 lessons: Managing design in global brands. Obtido 2 de Outubro de 2019, de Design Council website: <https://www.designcouncil.org.uk/resources/report/11-lessons-managing-design-global-brands>
- Design Council. (2015, Março 17). What is the framework for innovation? Design Council's evolved Double Diamond. Obtido 26 de Outubro de 2019, de Design Council website: <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-framework-innovation-design-councils-evolved-double-diamond>
- Equipamentos para animais domésticos | dog locomotion. (sem data). Obtido 21 de Janeiro de 2020, de <http://www.doglocomotion.com/equipamentos-destinados-a-animais-dom%C3%A9sticos.html>

Engineers Journal. (2014). Metal Cutting. Obtido de <http://www.engineersjournal.ie/wp-content/uploads/2014/03/Metal-cutting.jpg>

Dickerson, V. M., Coleman, K. D., Ogawa, M., Saba, C. F., Cornell, K. K., Radlinsky, M. G., & Schmiedt, C. W. (2015). Outcomes of dogs undergoing limb amputation, owner satisfaction with limb amputation procedures, and owner perceptions regarding postsurgical adaptation: 64 cases (2005–2012). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 247(7), 786–792. <https://doi.org/10.2460/javma.247.7.786>

Dudek, P. (2013). FDM 3D printing technology in manufacturing composite elements. *Archives of Metallurgy and Materials*, 58(4), 1415–1418.

Edin, B. B., Ascari, L., Beccai, L., Roccella, S., Cabibihan, J.-J., & Carrozza, M. C. (2008). Bio-inspired sensorization of a biomechatronic robot hand for the grasp-and-lift task. *Brain research bulletin*, 75(6), 785–795.

Falder, S., Bennett, S., & Alvi, R. (2003). Following in the footsteps of the pharaohs. *British Journal of Plastic Surgery*, 56(2), 196–197. [https://doi.org/10.1016/S0007-1226\(03\)00088-2](https://doi.org/10.1016/S0007-1226(03)00088-2)

Feltman, R. (2015, Maio 20). Turtle gets a 3-D printed titanium jaw, now looks like a supervillain—The Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/news/speaking-of-science/wp/2015/05/20/turtle-gets-a-3-d-printed-titanium-jaw-now-looks-like-a-supervillain/>

Ferreira, D., Duarte, T. P., Carvalho, F. X. de, Alves, J. L., & Ferreira, I. (2016, Setembro). Desenvolvimento de Prótese para Membro Superior: Produção de Baixo Custo Por Impressão 3D. *Tecnometal - Inovação nas Empresas de Metalurgia e Metalomecânica*, No226, 12–21.

Finch, J. (2011). The ancient origins of prosthetic medicine. *The Lancet*, 377(9765), 548–549. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60190-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60190-6)

Foggiatto, J. A. (2006). O uso da prototipagem rápida na área médico-odontológica. *Revista Tecnologia & Humanismo*, 20(30), 60–68.

Forster, L. M., Wathes, C. M., Bessant, C., & Corr, S. A. (2010). Owners' observations of domestic cats after limb amputation. *Veterinary Record*, 167(19), 734–739. <https://doi.org/10.1136/vr.c5893>

Freitas, R. F. de, Coutinho, S. G., & Waechter, H. da N. (2013). Análise de Metodologias em Design: A informação tratada por diferentes olhares. *Estudos em Design*, 21(1). <https://doi.org/10.35522/eed.v21i1.111>

Friedmann, E., Katcher, A. H., Thomas, S. A., Lynch, J. J., & Messent, P. R. (1983). Social Interaction and Blood Pressure: Influence of Animal Companions. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 171(8), 461–465. <https://doi.org/10.1097/00005053-198308000-00002>

Fuchs, A., Goldner, B., Nolte, I., & Schilling, N. (2014). Ground reaction force adaptations to tripedal locomotion in dogs. *The Veterinary Journal*, 201(3), 307–315. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.05.012>

- Galton, F. (1883). *Inquiries into Human Faculty and its Development*. Macmillan.
- Gardner-Bonneau, D., Weinger, M. B., & Wiklund, M. E. (2011). *Handbook of human factors in medical device design*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Geigertec Ltd. (sem data). CNC Machining Aurora. Obtido de <https://geigertecnc.com/>
- Gillis, R. (2012). Beyond the Pail. Lactose Persistence and the Early Cultural History of Europe *LeCHE*, 35.
- Gomes, J. C. (2016, Maio). Constitucionalismo, deficiência mental e discapacidade: Um apelo aos direitos | *Julgar*. *Revista Julgar*, 29, 119–151.
- Guo, N., & Leu, M. C. (2013). Additive manufacturing: Technology, applications and research needs. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 8(3), 215–243.
- Hagberg, K., & Brånemark, R. (2009). One hundred patients treated with osseointegrated trans-femoral amputation prostheses—Rehabilitation perspective. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 46(3).
- Hagberg, K., Häggström, E., Jönsson, S., Rydevik, B., & Brånemark, R. (2008). Osseoperception and osseointegrated prosthetic limbs. Em *Psychoprosthetics* (pp. 131–140). Springer.
- Hovorka, C. F., Shurr, D. G., & Bozik, D. S. (2002). The Concept of an Entry-Level Interdisciplinary Graduate Degree Preparing Orthotists for the New Millennium Part 1: History of Orthotic and Prosthetic Education. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics*, 14(2), 51.
- Hughes, B. O. (1980). The Assessment of Behavioural Needs. Em R. Moss (Ed.), *The Laying Hen and its Environment* (pp. 149–166). https://doi.org/10.1007/978-94-009-8922-1_8
- Jensen, P. (Ed.). (2017). *The ethology of domestic animals: An introductory text* (3rd edition). Wallingford, Oxfordshire, UK ; Boston, MA: CABI.
- Jones, T. S., & Richey, R. C. (2000). Rapid prototyping methodology in action: A developmental study. *Educational Technology Research and Development*, 48(2), 63–80. <https://doi.org/10.1007/BF02313401>
- Juan, G., & Ulloa, A. de. (1772). *A Voyage to South America: Describing at Large the Spanish Cities, Towns, Provinces, &c.* (3.a ed., Vol. 1). London: London : printed for L. Davis and C. Reymers.
- Kalantari, M. (2017). Consumers adoption of wearable technologies: Literature review, synthesis, and future research agenda. *International Journal of Technology Marketing*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.1504/IJTMKT.2017.10008634>
- Kamrani, A. K., & Salhie, S. M. (2011). *Product Design for Modularity*. Obtido de <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5594867>

- Kanat-Maymon, Y., Antebi, A., & Zilcha-Mano, S. (2016). Basic psychological need fulfillment in human–pet relationships and well-being. *Personality and Individual Differences*, 92, 69–73. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.12.025>
- Kawachi, E. Y., Bertran, C. A., Reis, R. R. dos, & Alves, O. L. (2000). Biocerâmicas: Tendências e perspectivas de uma área interdisciplinar. *Química Nova*, 23(4), 518–522. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000400015>
- Klute, G. K., Glaister, B. C., & Berge, J. S. (2010). Prosthetic Liners for Lower Limb Amputees: A Review of the Literature. *Prosthetics and Orthotics International*, 34(2), 146–153. <https://doi.org/10.3109/03093641003645528>
- Kumar, S. (2003). Selective laser sintering: A qualitative and objective approach. *Jom*, 55(10), 43–47.
- Kun, K. (2016). Reconstruction and Development of a 3D Printer Using FDM Technology. *Procedia Engineering*, 149, 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.657>
- Langnau, L. (2011, Outubro 3). Subtractive Manufacturing: What You Need to Know. Obtido 2 de Agosto de 2019, de <https://www.makepartsfast.com/2011-make-parts-fast-handbook-subtractive-prototyping/>
- Limond, J. A., Bradshaw, J. W. S., & Cormack, M. K. F. (1997). Behavior of Children with Learning Disabilities Interacting With a Therapy Dog. *Anthrozoös*, 10(2–3), 84–89. <https://doi.org/10.2752/089279397787001139>
- Linden, J. C. de S. van der, Lacerda, A. P. de, & Aguiar, J. P. O. de. (2011, Maio). The Evolution of Design Methods. Apresentado na 9th International Conference of the European Academy of Design, Porto, Portugal. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/273704768_The_evolution_of_design_methods
- Lino, J., Barbado, H., Duarte, T., Neto, J., & Paiva, R. (2006, Setembro). Aplicação da Prototipagem Rápida na Área Médica. *Saúde Oral - Revista profissional de Estomatologia e Medicina Dentária*, no50, 66–74.
- Lippi, G., & Mattiuzzi, C. (2008). Pistorius ineligible for the Olympic Games: The right decision. *British Journal of Sports Medicine*, 42(3), 160–161. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.046730>
- Lord, M., & Turner-Smith, A. (2000). Orthopedic Prosthetics and Orthotics in Rehabilitation. Em J. D. Bronzino & Chemical Rubber Company (Eds.), *The biomedical engineering handbook* (2. ed). Boca Raton, Fla.: CRC Press [u.a.].
- Lorincz, J. (2011, Julho 1). Masters of Manufacturing: Carl R. Deckard, PhD - Advanced Manufacturing. Obtido 1 de Agosto de 2019, de <https://advancedmanufacturing.org/masters-manufacturing-carl-r-deckard-phd/>

- Lorincz, J. (2012, Janeiro 1). Subtractive Rapid Prototyping Advances. Obtido 1 de Agosto de 2019, de <https://advancedmanufacturing.org/techfront-subtractive-rapid-prototyping-advances/>
- Lynch, J. J. (1977). The broken heart: The medical consequences of loneliness.
- Marcellin-Little, D. J., Drum, M. G., Levine, D., & McDonald, S. S. (2015). Orthoses and Exoprostheses for Companion Animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45(1), 167–183. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.09.009>
- Mastinu, E., Clemente, F., Sassu, P., Aszmann, O., Brånemark, R., Håkansson, B., ... Ortiz-Catalan, M. (2019). Grip control and motor coordination with implanted and surface electrodes while grasping with an osseointegrated prosthetic hand. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 16(1), 49.
- Matias, E., & Rao, B. (2015). 3D printing: On its historical evolution and the implications for business. 2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), 551–558. IEEE.
- McNicholas, J., Gilbey, A., Rennie, A., Ahmedzai, S., Dono, J.-A., & Ormerod, E. (2005). Pet ownership and human health: A brief review of evidence and issues. *BMJ*, 331(7527), 1252–1254. <https://doi.org/10.1136/bmj.331.7527.1252>
- Metzger, S. (2006, Agosto 1). Materials Science: Producing Lighter, More Cosmetically Appealing O&P Devices. OPEDGE.COM. Obtido de https://opedge.com/Articles/ViewArticle/2006-08_01
- Mich, P. M. (2014). The Emerging Role of Veterinary Orthotics and Prosthetics (V-OP) in Small Animal Rehabilitation and Pain Management. *Topics in Companion Animal Medicine*, 29(1), 10–19. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2014.04.002>
- Mlynar, P. (2015, Dezembro 7). Sprocket the Cat Was Saved by a 3D Printer. Catster. <https://www.catster.com/lifestyle/sprocket-the-cat-was-saved-by-a-3d-printer>
- Molde de Alumínio. (sem data). Obtido de https://i.etsystatic.com/11886350/r/il/ff6480/1659659515/il_fullxfull.1659659515_edga.jpg
- Molitch-Hou, M. (2015, Maio 14). Sea Turtle 1st 3D Printed Jaw Implant. 3D Printing Industry. <https://3dprintingindustry.com/news/robo-turtle-receives-species-1st-3d-printed-jaw-implant-49051/>
- Molloy, O., Tilley, S., & E. Warman. (2013). *Design for Manufacturing and Assembly Concepts, Architectures and Implementation*. Springer Verlag.
- Monteiro, A. C. (2015, Outubro 5). Portugueses têm mais animais de estimação que crianças. Obtido 7 de Outubro de 2019, de Hipersuper website: <http://www.hipersuper.pt/2015/10/05/portugueses-tem-mais-animais-de-estimacao-que-criancas/>
- Morris, R. (2009). *The Fundamentals of Product Design*. Lausanne: AVA Academia.

- Mota, A. (2017, Março 10). Materials of Prosthetic Limbs. Obtido de https://broncoscholar.library.cpp.edu/bitstream/handle/10211.3/193171/MotaAnissa_LibraryResearchPaper2017.pdf?sequence=1
- Moura, M. (2011). Interdisciplinaridades no Design Contemporâneo. Metodologias em Design: Inter-Relações. 1ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 1, 274–290.
- Nerlich, A. G., Zink, A., Szeimies, U., & Hagedorn, H. G. (2000). Ancient Egyptian prosthesis of the big toe. *The Lancet*, 356(9248), 2176–2179. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)03507-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)03507-8)
- Norman, D. A., & Draper, S. W. (Eds.). (1986). User centered system design: New perspectives on human-computer interaction. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Norton, K. M. (2007, Novembro). A Brief History of Prosthetics. Obtido 7 de Agosto de 2019, de Amputee Coalition website: <https://www.amputee-coalition.org/resources/a-brief-history-of-prosthetics/>
- OMV. (2019, Agosto 8). Estatísticas. Obtido 10 de Outubro de 2019, de OMV - Ordem dos Médicos Veterinários website: <https://www.omv.pt/omv/estatisticas>
- Parker, J. V. (2010). Animal minds, animal souls, animal rights. Lanham, MD: University Press of America.
- Peake, T. (2014, Fevereiro 18). Injured Sea Turtle? Just Print a Splint! NC State News. <https://news.ncsu.edu/2014/02/tp-splintprint/>
- Perlman, D., & Peplau, L. A. (1981). Toward a social psychology of loneliness. *Personal relationships*, 3, 31–56.
- Pinheiro, M. C., & Silva, F. M. da. (2010). Comunicação Visual e Design Inclusivo, Cor, legibilidade e visão envelhecida. *Design Ergonômico-Estudos e Aplicações*, 17033, 62.
- Pinna, C., Ramundo, L., Sisca, F. G., Angioletti, C., Taisch, M., & Terzi, S. (2016). Additive Manufacturing applications within Food industry: An actual overview and future opportunities. 21st Summer School Francesco Turco 2016, 18–24. AIDI-Italian Association of Industrial Operations Professors.
- Pinto, C. (2015, Outubro). Portugal tem 6,7 milhões de animais de estimação. *Veterinaria Atual*. Obtido de <https://www.veterinaria-atual.pt/na-clinica/portugal-tem-67-milhoes-de-animais-de-estimacao/>
- Pitkin, M. (2013). Design features of implants for direct skeletal attachment of limb prostheses. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 101(11), 3339–3348. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.34606>
- Prosthetics in Dogs—Procedure, Efficacy, Recovery, Prevention, Cost. (sem data). Obtido 14 de Outubro de 2019, de WagWalking website: <https://wagwalking.com/treatment/prosthetics>
- Proto Labs. (sem data). Designing For Moldability: White Paper. Obtido de <https://www.wateronline.com/doc/designing-for-moldability-volume-1-0001>

- Pullin, G. (2009). *Design meets disability*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Ratanji, D. (2018, Setembro 1). Tendências do Sector Veterinário. Obtido 4 de Outubro de 2019, de VetBizz Consulting website: <https://vetbizz.pt/cronicas-mensais/tendencias-do-sector-veterinario/>
- Roland DGA. (2011). *Subtractive Rapid Prototyping: White Paper*. Obtido de http://www.goodeink.com/wp-content/uploads/2016/09/SubtractiveRapidPrototyping_WhitePaper_Roland2011.pdf
- Roper, T. J. (1984). Response of thirsty rats to absence of water: Frustration, disinhibition or compensation? *Animal Behaviour*, 32(4), 1225–1235. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(84\)80240-7](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(84)80240-7)
- Rowlands, M. (2002). *Animals like us*. Verso.
- Sahlins, M. (1976). *Culture and practical reason*. University of Chicago Press.
- Sanders, J. E., Nicholson, B. S., Zachariah, S. G., Cassisi, D. V., Karchin, A., & Ferguson, J. R. (2004). Testing of elastomeric liners used in limb prosthetics: Classification of 15 products by mechanical performance. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 41(2), 175–186.
- Santos, O. P. G. (2015, Agosto 3). Tucano ganha primeira prótese artificial da espécie feita no Brasil. Santos e Região. <http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2015/08/tucano-ganha-primeira-protese-artificial-da-especie-feita-no-brasil.html>
- Scott, C. (2019, Dezembro 19). 3D Printing Helps Lucky Dog Walk on All Four Legs—3DPrint.com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing. <https://3dprint.com/177242/3d-printed-prosthetic-leg-duke/>
- Secrest, R. (sem data). How artificial limb is made—Material, manufacture, making, used, parts, components, structure, procedure. Obtido 10 de Agosto de 2019, de How Products are made website: <http://www.madehow.com/Volume-1/Artificial-Limb.html>
- Serpel, J. (1989). Pet-Keeping and animal domestication: A reappraisal. Em *The Walking larder: Patterns of domestication, pastoralism, and predation* (pp. 10–21). London ; Boston: Unwin Hyman.
- Staats, S., Wallace, H., & Anderson, T. (2008). Reasons for Companion Animal Guardianship (Pet Ownership) from Two Populations. *Society & Animals*, 16(3), 279–291. <https://doi.org/10.1163/156853008X323411>
- Stainless Steel Material for Laser Cutting. (sem data). Obtido 3 de Agosto de 2019, de Sculpteo website: <https://www.sculpteo.com/en/lasercutting/laser-cutting-materials/stainless-steel-material/>
- Stoll, H. W. (1999). *Product design methods and practices*. New York: Marcel Dekker.
- Torres, K., Staśkiewicz, G., Śnieżyński, M., Drop, A., & Maciejewski, R. (2011). Application of rapid prototyping techniques for modelling of anatomical structures in medical training and education. *Folia morphologica*, 70(1), 1–4.

- Tripp, S. D., & Bichelmeyer, B. (1990). Rapid prototyping: An alternative instructional design strategy. *Educational Technology Research and Development*, 38(1), 31–44. <https://doi.org/10.1007/BF02298246>
- Upgrade your OPRATM Implant System to e-OPRA. (sem data). Obtido 8 de Agosto de 2019, de Integrum website: <https://integrum.se/opra-implant-system/e-opra/>
- Vasconcelos, P., Lino, F. J., & Neto, R. (2001). O fabrico rápido de ferramentas ao serviço da engenharia concorrente. *Tecnometal*, 136, 17–21.
- Vasilescu, V. G., Sandu, I., Nemtoi, G., Sandu, A. V., Popescu, V., Vasilache, V., ... Vasilescu, E. (2017). The reactivity of Ti10Zr alloy in biological and electrochemical systems in the presence of chitosan. *RSC Advances*, 7(23), 13919–13927. <https://doi.org/10.1039/C7RA00231A>
- Vaughan, D. (2017). Pets and Prosthetics: Growing Interest, Advancing Technology. *American Veterinarian*. Obtido de <http://www.americanveterinarian.com/journals/amvet/2017/june2017/pets-and-prosthetics-growing-interest-advancing-technology>
- Veltkamp, J., & Rose, D. L. (2017). Beauty and the Beak. *Birds of Prey Northwest*. <https://www.birdsofpreynorthwest.org/beauty-and-the-beak>
- Verlinden, J. C., De Smit, A., Peeters, A. W., & van Gelderen, M. H. (2003). Development of a flexible augmented prototyping system.
- Vormbrock, J. K., & Grossberg, J. M. (1988). Cardiovascular effects of human-pet dog interactions. *Journal of behavioral medicine*, 11(5), 509–517.
- Walsh, F. (2009). Human-Animal Bonds II: The Role of Pets in Family Systems and Family Therapy. *Family Process*, 48(4), 481–499. <https://doi.org/10.1111/j.1545-5300.2009.01297.x>
- Walsh, P. G., Mertin, P. G., Verlander, D. F., & Pollard, C. F. (2010). The effects of a 'pets as therapy' dog on persons with dementia in a psychiatric ward. *Australian Occupational Therapy Journal*, 42(4), 161–166. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1630.1995.tb01331.x>
- Warren, R. (2017, Dezembro 6). 3D printed mask serves as cast for fractured dog skull. *Davis Enterprise*. <https://www.davisenterprise.com/local-news/ucd/3d-printed-mask-serves-as-cast-for-fractured-dog-skull/>
- Waurzyniak, P. (2009, Julho 1). Masters of Manufacturing: Herbert B. Voelcker. Obtido 1 de Agosto de 2019, de Advanced Manufacturing website: <https://advancedmanufacturing.org/masters-manufacturing-herbert-b-voelcker/>
- Williams, D. F. (1987). Tissue-biomaterial interactions. *Journal of Materials Science*, 22(10), 3421–3445. <https://doi.org/10.1007/BF01161439>
- Williams, D. F. (1999). *The Williams dictionary of biomaterials*. Liverpool: Liverpool University Press.

Wilson, C. C. (Ed.). (1998). *Companion animals in human health*. Thousand Oaks: Sage.

Wilson Jr., A. B. (1974). Vacuum Forming Of Plastics In Prosthetics And Orthotics. *Orthopedic & Prosthetic Appliance Journal*, 28(1), 12–20.

Wright, H., Hall, S., Hames, A., Hardiman, J., Mills, R., PAWS Project Team, & Mills, D. (2015). Pet Dogs Improve Family Functioning and Reduce Anxiety in Children with Autism Spectrum Disorder. *Anthrozoös*, 28(4), 611–624. <https://doi.org/10.1080/08927936.2015.1070003>

Wright, R., & Keith, L. (2014). Wearable Technology: If the Tech Fits, Wear It. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 11(4), 204–216. <https://doi.org/10.1080/15424065.2014.969051>

Zilcha-Mano, S., Mikulincer, M., & Shaver, P. R. (2011). An attachment perspective on human–pet relationships: Conceptualization and assessment of pet attachment orientations. *Journal of Research in Personality*, 45(4), 345–357. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2011.04.001>

Capítulo III - Desenho da Investigação

3.1 - Metodologias da Investigação

Foi desenvolvida uma investigação exploratória através do estudo por design (da Silva, 2010), utilizando uma metodologia mista, intervencionista e não intervencionista, de carácter qualitativo e quantitativo, suportada nos métodos enunciados de seguida.

O estudo de casos (não intervencionista), permitiu aferir situações em que foram concebidas e aplicadas próteses em animais amputados, o que foi determinante para a escolha do tema. O interesse pessoal nos casos aliado à vontade de perceber os processos de desenvolvimento das próteses, as técnicas e materiais utilizados e os resultados práticos, conduziram à procura de conhecimento. Assim, fez-se a análise, síntese e crítica de livros, artigos e outras publicações de autores que abordam as áreas de conhecimento relacionadas com este tema.

Baseado nas sugestões de Rowley (2014), foi realizado um inquérito na forma de questionário online, com o intuito de conhecer a realidade portuguesa relativa a cirurgias ortopédicas e fazer uma estimativa do número de animais diagnosticados com limitações motoras no 1º semestre de 2019. Através do mesmo questionário, pretendeu-se identificar as motivações mais frequentes para o recurso à eutanásia nas situações em que os animais têm limitações motoras. O questionário foi enviado exclusivamente para Centros de Atendimento Veterinário em Portugal (continente e ilhas).

No decorrer da investigação ativa e do projeto (intervencionista), houve recurso à observação direta e indireta (não intervencionista), para assegurar a compreensão da morfologia, biomecânica e hábitos comportamentais dos sujeitos em análise. O projeto centrou-se no desenvolvimento de soluções para três casos clínicos reais.

Na fase de projeto foi aplicada o método RITE (Rapid Iterative Testing & Evaluation), em que foram concebidos modelos experimentais, ciclicamente desenhados, prototipados, testados, avaliados e melhorados em função das descobertas que os testes proporcionaram (Martin & Hanington, 2012).

Seguiu-se a quási-experiência (intervencionista). Nesta fase foram definidos objectivos práticos relativos à locomoção e aferida a performance dos animais, utilizando os respetivos dispositivos em diferentes situações, ou com alteração de alguns factores ambientais (por exemplo o tipo de piso).

No caso da prótese de gato foi possível testar o dispositivo em vários animais, tanto com amputação unilateral como bilateral dos membros posteriores. Os testes realizaram-se em diferentes ambientes e meios físicos (em casa e no hospital veterinário), permitindo realizar de forma mais consistente testes de usabilidade. Houve recurso à opinião de peritos (não intervencionista) nas etapas de desenho, teste e avaliação de resultados.

3.2 - Organograma do Processo de Investigação

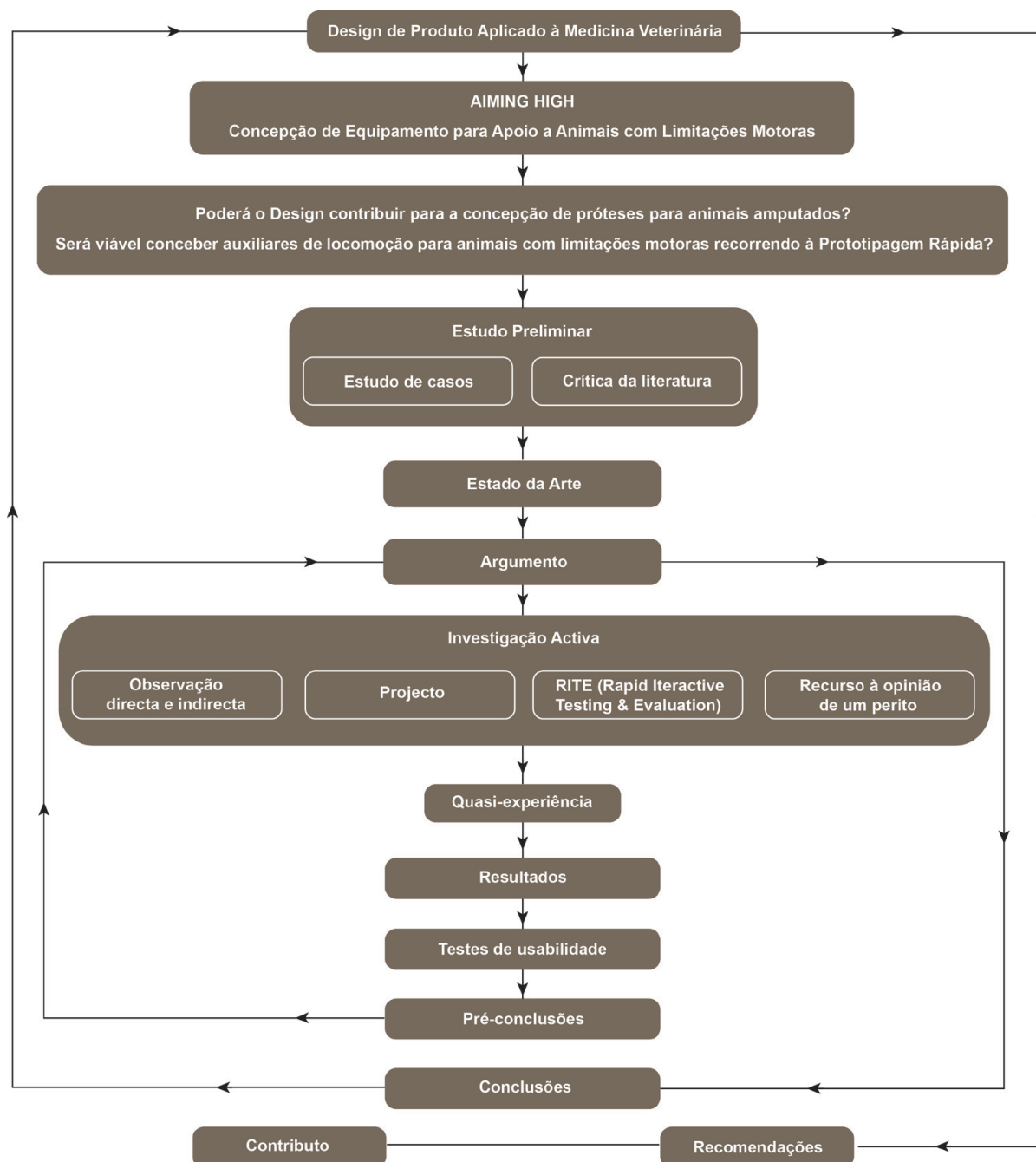


Figura 58 - Organograma do processo de investigação (Autora)

Referências Bibliográficas do Capítulo

da Silva, F. J. C. M. (2010). Investigar em design versus investigar pela prática do design—um novo desafio científico. *INGEPRO-Inovação, Gestão E Produção*, 2(4), 82–91.

Martin, B., & Hanington, B. M. (2012). *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions* (Digital ed). Beverly, MA: Rockport Publishers.

Rowley, J. (2014). Designing and using research questionnaires. *Management Research Review*, 37(3), 308–330.

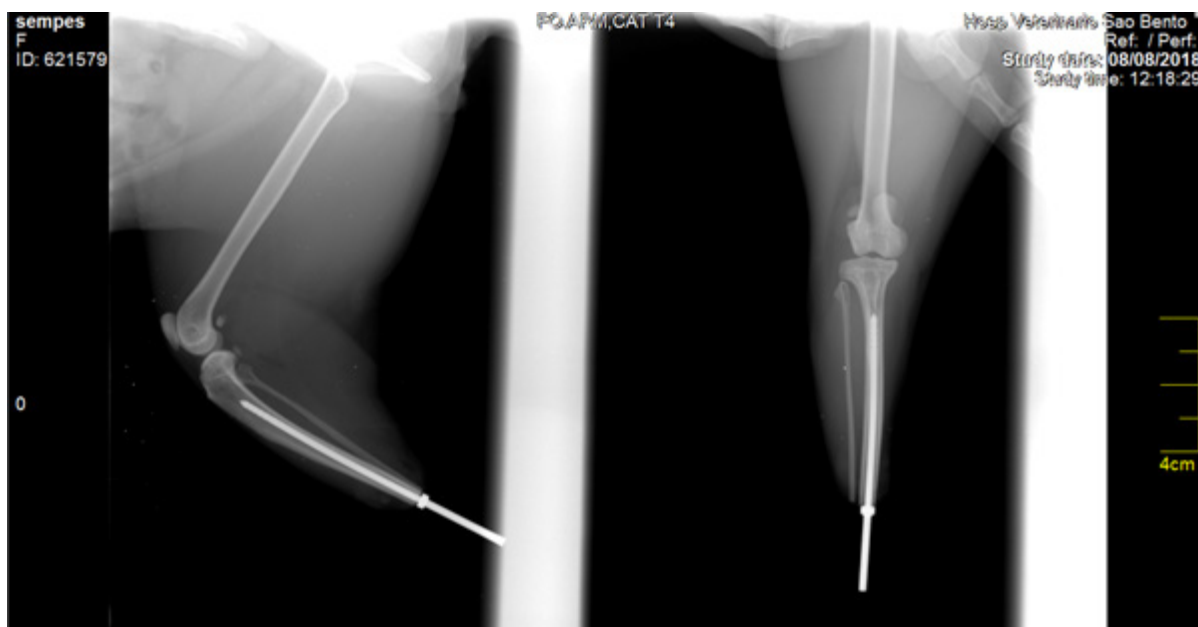
Capítulo IV - Projetos Piloto

4.1 - Prótese para Gato

4.1.1 - Caso Clínico

O primeiro caso a ser observado é a de uma gata jovem, com cerca de 2 anos. Na sequência de um atropelamento a gata Sempes ficou com lesões irreversíveis nos membros posteriores, tendo sido imperiosa a amputação.

Em fevereiro de 2018 foi realizada a primeira cirurgia em ambos os membros, tendo sido aplicados implantes de titânio na tíbia esquerda e nos tarsos do lado direito. Para que estas endo-exo próteses sejam viáveis, é necessária a osseointegração. O implante do lado direito não resistiu, tendo sido realizada nova cirurgia, em agosto de 2018, para colocação do implante na tíbia. O tempo de regeneração óssea e cicatrização total deste género de intervenções varia consoante a parte do corpo, idade, peso e estado geral de saúde do animal, podendo demorar entre 2 e 6 meses. Ao fim de 2 meses a gata Sempes estava apta a receber as exo-próteses.



Fonte: Hospital Veterinário de São Bento

Figura 59 - RX da gata Sempes pós implante da endo-exo prótese

4.1.2 - Requisitos do Produto

- Após tomada de conhecimento do caso clínico, foram definidos os requisitos do produto:
- Obedecer à biomecânica do animal;
- Devolver a mobilidade dos membros posteriores;
- Utilizar materiais biotolerados;
- Não colocar em causa a segurança e integridade física do utilizador;
- Utilizar um sistema de encaixe fácil de manusear;
- Assegurar aderência da prótese com o piso;
- Utilizar um material estrutural resistente a forças de fadiga;
- Esteticamente agradável;
- Peso inferior a 20g;
- Confortável para o utilizador;
- Fabricação através de tecnologias de prototipagem rápida;
- Lavável;
- Durar 6 ou mais meses com utilização normal;
- Economicamente acessível.

4.1.3 – Pesquisa

Sendo uma temática relativamente recente e uma área pouco ou nada explorada, do ponto de vista do design, procurou-se encontrar uma metodologia adequada para, em conjunto com veterinário responsável pelo caso clínico, desenvolver um dispositivo que cumpra os requisitos funcionais e estéticos.

A fase de pesquisa iniciou-se para compreender como se comportam os gatos, qual a amplitude de movimentos das patas, que posições adotam, como funcionam o esqueleto, os músculos e os tendões. Este estudo inicial divide-se em 3 principais preocupações: a anatomia, a biomecânica e a etologia.

A anatomia

Numa primeira fase foi necessário compreender a anatomia da espécie. Foram consultados manuais de anatomia veterinária para estudar não só esqueleto e compreender a localização dos implantes, mas também entender de que forma estão articulados os tendões e os músculos dos membros posteriores.

A Etologia

Através de revisão de literatura, da observação e da interação diária com gatos, foi estudado o comportamento da espécie. Observaram-se as interações, a comunicação e foram identificados os sinais que permitem aferir o estado emocional do gato, tal como, a existência de dor ou desconforto ou, pelo contrário, de alegria e bem-estar.

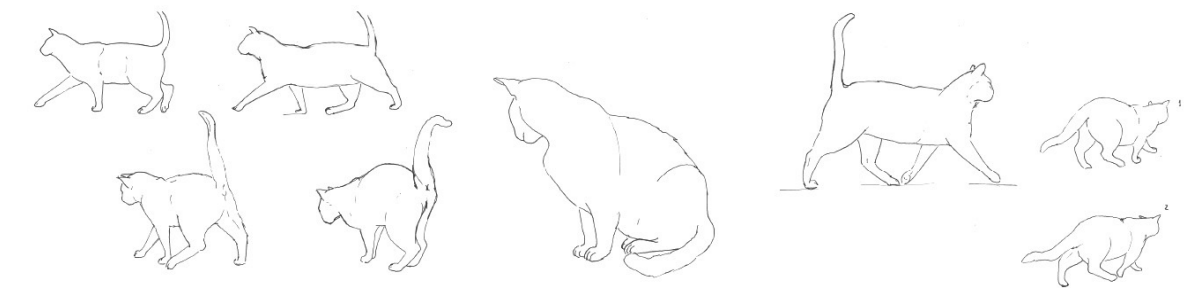


Figura 62 - Posições dos gatos domésticos (Autora)

Antes de iniciar este projeto, realizaram-se uma investigação e um estudo de vários casos em que, utilizando tecnologias de prototipagem rápida, foram concebidas próteses, órteses e auxiliares de locomoção para animais, bem como as características dos materiais utilizados consoante a finalidade.

Foram investigadas as aplicações da prototipagem rápida na medicina, desde implantes até modelos de estudo anatómicos que substituem cirurgias exploratórias e reduzem as corretivas, bem como o valor que estes modelos têm na comunicação, na compreensão de patologias e no ensino.

Uma vez que a prótese deverá encaixar e fixar-se na endo-exo prótese implantada, foi feita uma pesquisa de mercado. Procurou-se encontrar soluções de fixação que se adequem ao elemento externo da endo-exo prótese, que mede 25mm com um diâmetro de 2,65 mm, e que permitam colocar e retirar a prótese para manutenção, limpeza ou substituição quando necessário.

4.1.4 - Protótipos e Testes

Com base na informação recolhida, foram apresentados três conceitos ao médico veterinário, dos quais um foi selecionado para desenvolvimento. Definiu-se que, perante a imprevisibilidade de aceitação de um objecto estranho ao corpo, seria prudente testar um protótipo rudimentar e aferir quais as alterações a fazer, introduzindo as alterações num processo iterativo (método RITE).

Paralelamente, os modelos foram sendo prototipados com diferentes filamentos, e testados os respetivos comportamentos mecânicos, texturas e pesos (ver tabela 1). Todo o processo desde o conceito até ao desenvolvimento foi exploratório e, em certa medida, intuitivo.

	3D FDM									SLA		CNC	Observações
	PLA	ABS	PET-G	PET-G lado	Nyl lado	NyCF lado	TPU cores	TPU transl.	TPE	Dura.	Flex.	AL	
P0 Interior	4g	4g	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	FDM: ABS e PLA apresentam quebras entre layers;
P0 Exterior	x	x	x	x	x	x	x	5g	x	x	x	x	FDM: TPU translucidos é demasiado rígido e a textura inadequada
P1 Interior	6g	x	5g	5g	5g	5g	x	x	x	6g	x	x	FDM: TPU preto - bom resultado, mas fraco acabamento SLA: A resina durable da Form tem excelente textura e acabamento, mas fraca duração.
P1 Exterior	x	x	x	x	x	x	4g	x	x	x	4g	x	FDM: TPU cores vermelho e azul com bom resultado, mas acabamento imperfeito. SLA: A resina flexível da Form tem excelente textura e acabamento, mas fraca duração.
R2 Interior	x	x	x	x	x	5g	x	x	x	6g	x	x	FDM: Nylon+CF bom resultado, mas fraco acabamento SLA: A resina durable da Form tem excelente resistência, acabamentos e duração.
R2 Exterior	x	x	x	x	x	x	4g	x	x	x	x	x	FDM: TPU cores vermelho e azul com bom resultado, mas acabamento imperfeito.
RR Interior	x	x	x	x	x	x	x	x	x	7g	x	x	SLA: A resina durable da Form tem excelente resistência, acabamentos e duração.
RR Exterior	x	x	x	x	x	x	4g	x	x	x	x	x	FDM: TPU cores vermelho e azul com bom resultado, mas acabamento imperfeito.
RR Tampa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1g	x	x	SLA: A resina durable da Form quebra com a utilização devido à pressão constante da tampa enroscada.
ER8 Interior	x	x	x	x	x	5.5g	x	x	x	5.5g	x	x	FDM: Filamento nylon+CF resulta, no entanto a rosca fica imperfeita. Não foi possível testar com suportes PVA. SLA: A resina durable com excelente resultado.
ER8 Exterior	x	x	x	x	x	x	4.5g	x	4.5g	x	x	x	FDM: TPU cores vermelho e azul com bom resultado, mas acabamento imperfeito. TPE com melhores resultados na aderência ao piso.
ER8 Tampa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2.5g	CNC: Tampa fresada em alumínio, material leve, resistente e permite posterior anodização.

Tabela 2 - Tabela resumida de testes em materiais (Autora). Versão completa disponível no anexo B

O conceito PA foi a primeira forma desenhada, ainda sem qualquer preocupação estética ou de encaixe (figura 49). Tratou-se do ponto de partida para validar, se o caminho a seguir poderia passar por esta tipologia, com curvatura para assentar no solo, e se as dimensões seriam apropriadas.

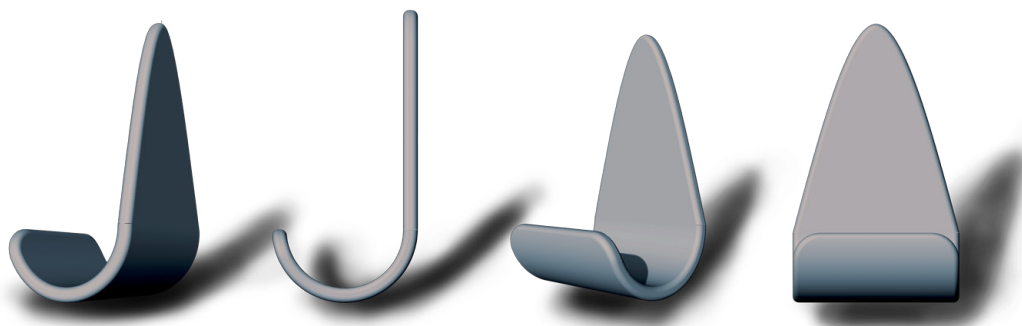


Figura 63 - Conceito PA (Autora)

O conceito PB é uma ligeira evolução do anterior, mantendo a mesma curvatura na base, mas com a introdução do esboço do posicionamento do encaixe com a exo-prótese (figura 50).

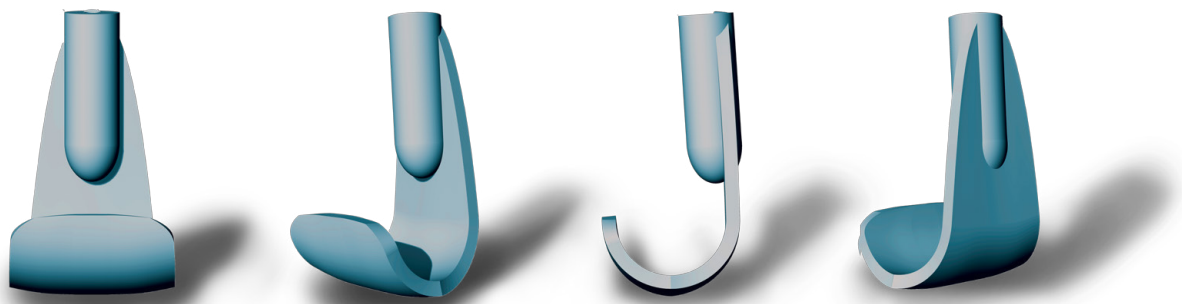


Figura 64 - Conceito PB (Autora)

O modelo PØ já representa um considerável desenvolvimento relativamente aos conceitos anteriores (figura 51). Esta evolução é perceptível na forma e preocupação estética, e já inclui alguma iteração relativamente aos materiais testados para a sua prototipagem. Este foi o primeiro conceito a ser materializado (zona interior em PLA e ABS), tendo sido adicionada uma camada exterior em TPU para lhe conferir aderência ao piso e alguma absorção de impacto.

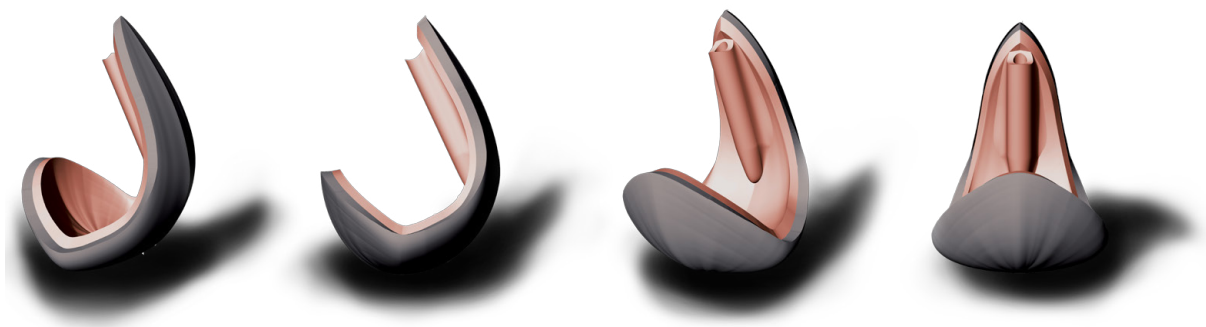


Figura 65 - Conceito PØ (Autora)

Após ensaiar a PØ na gata Sempes, foram tomadas algumas decisões sobre as alterações a efetuar no modelo. Verificou-se que a curvatura inferior não tinha a suavidade adequada ao movimento do animal, causando desconforto. Também as dimensões do recetáculo para a endo-exo prótese teriam de ser alteradas, tanto em profundidade como em largura. Apesar de ter sido já considerada a superfície antiderrapante, o filamento de TPU translúcido utilizado não se demonstrou eficiente.

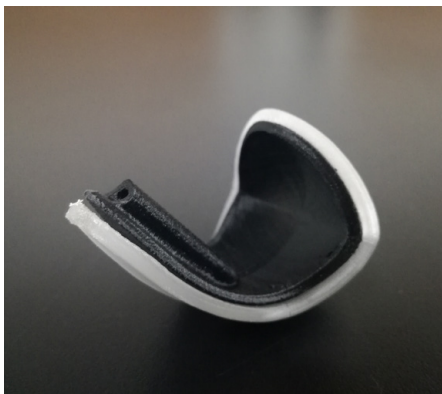


Figura 66 - Modelo PØ (Autora)



Figura 67 - Ensaio com o modelo PØ (Autora)



Figura 68 - Ensaio com o modelo PØ (Autora)

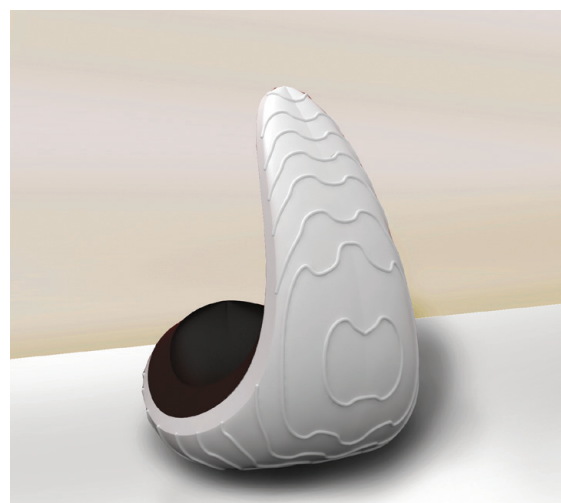
O modelo P1 (figura 55), veio corrigir todas as situações identificadas neste primeiro teste, tendo sido adicionada uma textura antiderrapante na sola para melhorar a aderência ao piso. A sola foi impressa em TPU preto (FDM) e em resina flexível (SLA). Verificou-se que o TPU preto é mais flexível que o translúcido, e que a resina flexível, apesar da perfeição de acabamentos que a tecnologia SLA proporciona e da textura aderente, se deteriora rapidamente quando exposta aos elementos (ar, sol, água), tendo aberto fissuras em poucos dias.

Para aferir qual dos materiais melhor se adequava à forma, a estrutura P1 foi impressa em FDM com filamentos Pet-G, Nylon e Nylon + fibra de carbono, e por SLA com a resina Durable da Formlabs. As impressões FDM apresentaram bons resultados para os três materiais, desde que as layers sejam impressas na direção das forças, ou seja, na vertical. O material selecionado foi o filamento de Nylon + fibra de carbono pela sua resistência à erosão, conferindo-lhe mais fiabilidade. A resina Durable (SLA) demonstrou ser uma excelente opção, tanto do ponto de vista mecânico como pela qualidade dos acabamentos.



Figura 69 - Conceito P1 (Autora)

No seguimento dos ensaios efetuados com o modelo P1, a forma ficou aprovada para ser desenvolvido um sistema de fixação capaz de suportar as forças exercidas no dispositivo. Nesta fase, foi efetuada uma pesquisa de sistemas de fixação, tendo-se optado por recorrer aos conectores elétricos existentes no mercado. Para que esta ferragem pudesse ser incluída na prótese, foram necessárias algumas alterações na modelação do P1, dando lugar ao modelo R2 (figuras 56 e 57).

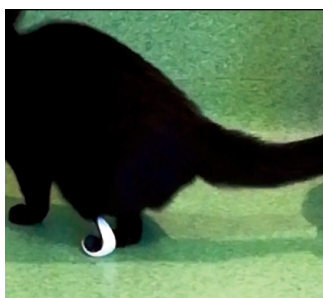


Figuras 70 e 71 - Representação tridimensional do modelo R2 (Autora)

O sistema de fixação encaixa na estrutura da prótese por pressão e a peça cilíndrica da endo-exo prótese atravessa o orifício coincidente da ferragem e da prótese, impedindo-a de se deslocar. Ao apertar os dois parafusos perpendiculares ao eixo, as duas partes são unidas (figuras 58 e 59).



Figuras 72 e 73 - Sistema de fixação do modelo R2 (Autora)



Figuras 74, 75 e 76 - Ensaio do modelo R2 (Autora)



Fotografia de Christopher Wallace

Figura 77 - Próteses modelo R2 em diferentes versões

A gata Sempes adaptou-se imediatamente, mas ao fim de algumas horas de utilização verificou-se que a prótese rodava sobre o eixo da endo-exo prótese. Os constantes movimentos de rotação sobre a prótese faziam com que a estrutura envolvente da ferragem cedesse. Foi feita nova modelação com reforço de material nessa zona, no entanto, continuava a verificar-se a rotação, devido à cedência dos parafusos, que se desenroscavam ao longo do tempo de utilização. Surgiram, entretanto, outros gatos com necessidade de colocação de próteses.



Fonte: Hospital Veterinário de São Bento

Figura 78 - Simão a usar o modelo R2

O Simão, é um macho com cerca de 3 anos e de estatura pouco maior que a gata Sempes. O gato Simão tem uma amputação apenas num dos pés, com aplicação de endo-exo prótese na mesma zona do corpo (figura 64). Foi utilizado o modelo R2 no membro amputado e, apesar de menos frequente, replicou-se a questão da rotação da prótese. A adaptação foi imediata, observando-se que o gato Simão caminhou e correu com a prótese assim que foi colocada.

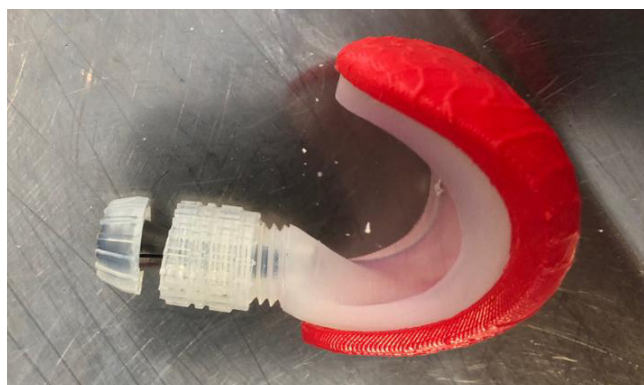
O Coutinho foi o primeiro gato em Portugal a receber endo-exo próteses. Trata-se de um gato adulto com cerca de 5Kg e que, tal como a gata Sempes, foi amputado em ambos os membros posteriores na sequência de um atropelamento. Chegou a receber próteses em fibra de carbono, no entanto, nunca se adaptou e tinha dificuldades de locomoção, motivo pelo qual foram retiradas. Foram colocadas as próteses R2 e a adaptação, tal como nos dois casos anteriores, foi imediata. Correu e saltou, sem que tenha havido cedência do material, apesar de ser de porte maior.

Para solucionar o problema da rotação foi acordado que, em implantes futuros, haja uma alteração na zona exterior da endo-exo prótese, que passará a ser facetada em vez de cilíndrica. Entretanto, para resolver a questão, nos casos que já têm implantes, foi estudado um novo sistema de fixação, recorrendo à utilização de um sistema de pinças utilizado nos berbequins de mão. Assim, surge o modelo RR (figura 65), que é composto pela estrutura com rosca na extremidade superior e encaixe para pinça de fixação e por uma tampa, que, ao ser enroscada sobre a estrutura, pressiona a pinça e faz o aperto. O modelo RR pesa 15.5g no total, incluindo a pinça e a tampa.



Figura 79 - modelo RR (autora)

Apesar de ter funcionado bem nos primeiros dias, o material não resistiu (resina Durable) e, ao final de uma semana de utilização, a tampa roscada partiu (figura 66). Existia uma outra questão que este modelo não resolvia, a endo-exo prótese do gato Coutinho tem um diâmetro de 4.65mm, e as pinças deste modelo apenas permitem um máximo de 3.2mm.



Fotografia de Henrique Armés

Figura 80 - Quebra de material no modelo RR

O modelo final, o ER8 (figuras 67 e 68), cujo nome tem origem no sistema de pinças adotado, permite a fixação de endo-exo próteses com diâmetros entre 1mm e 5.5mm. Este sistema de peças apresenta vantagens relativamente ao do RR, já que abrange mais beneficiários sem ser necessário alterar o modelo 3D a imprimir. Basta substituir a pinça pela do tamanho adequando à endo-exo prótese a encaixar. Outra vantagem do sistema de pinças é o facto de estar mentalmente mapeado, por ser baseado em experiências anteriores, e que tornam a sua utilização intuitiva.

O segundo problema, que estava identificado no modelo anterior, era a quebra do material da tampa, que não suportava a pressão constante a que estava sujeito. Aumentar a espessura não era opção, nem estética nem funcionalmente, devido ao aumento de volume e peso. A opção foi fresar uma tampa em alumínio, por ser um metal resistente, leve e bioinerte. O conjunto da prótese, incluindo a pinça e a tampa, pesa 15g.



Figura 81 - Modelo ER8 (Autora)



Figura 82 - Simão com ER8 - sola em TPE e estrutura em filamento de nylon com fibra de carbono (Autora)



Figura 83, 84, 85 e 86 - Sequência de imagens da Gata Sempes a usar as ER8 (Autora)

4.1.5 - Análise de Resultados

Após as cinco iterações foram cumpridos os requisitos propostos. O software utilizado para a modelação 3D, Rhinoceros (Robert McNeel & Associates, 2018), apesar de adequado para a modelação de formas orgânicas, apresenta algumas lacunas no que concerne a possibilidade de design paramétrico e avaliação física de materiais, forças e formas.

A adaptação e usabilidade deste modelo foi comprovado para amputações unilaterais e bilaterais, nas patas posteriores dos gatos, e em vários ambientes. Tanto a gata Sempes como o gato Simão foram adotados e estão nas casas dos seus respetivos donos, que mantêm contacto com o Hospital Veterinário de São Bento e não reportaram dificuldades no manuseamento ou uso das próteses ER8.

4.2 - Cadeira de Rodas para cão

4.2.1 - Caso Clínico

O Uzi é um buldogue francês com 4 anos que pesa cerca de 12 kg. Devido a uma hérnia discal foi sujeito a uma intervenção cirúrgica para descompressão medular entre as vértebras L3 e L4, em Janeiro de 2019. Apesar da cirurgia, o Uzi não recuperou a sensibilidade nos membros posteriores, tendo ficado paraplégico (figura 73). O facto de ter a mobilidade condicionada fazia com que, ao tentar deslocar-se, arrastasse os membros posteriores, ferindo-se. Sendo um animal jovem e muito enérgico, seria necessário devolver-lhe a liberdade de movimentos e a possibilidade de correr para assegurar o seu bem-estar.



Figura 87 - Uzi alguns dias após a cirurgia, a andar com suporte dos membro paralisados (Autora)

4.2.2 - Requisitos do Produto

De acordo com as indicações transmitidas pela equipa clínica, foram definidos os seguintes requisitos para o produto:

- Dispositivo com rodas para substituição da função dos membros posteriores;
- Devolver a mobilidade ao animal;
- Suspensão dos membros posteriores para que não se arrastem no chão;
- Não colocar em causa a segurança e integridade física do utilizador;
- Equipamento fácil de manusear pelo tutor;
- Utilizar materiais leves, mas resistentes;
- Integrar um sistema colapsável para transporte e armazenamento;

- Esteticamente agradável;
- Capacidade de utilização em diferentes tipos de piso;
- Assegurar o conforto do utilizador;
- Fabricação através de tecnologias de prototipagem rápida;
- Lavável;
- Durabilidade mínima de 12 meses com utilização normal;
- Economicamente acessível.

4.2.3 – Pesquisa

Foi efetuada uma pesquisa de mercado focada em auxiliares de locomoção com rodas, para animais. Foi procurada a existência destes equipamentos com sistemas colapsáveis, ou de outro tipo, que permitissem reduzir o seu volume quando transportadas ou armazenadas. Houve também a preocupação de identificar os sistemas utilizados para apoio do peso corporal, suporte dos membros não funcionais e contenção. Deu-se atenção à forma como os animais são colocados e retirados destes aparelhos.

No sentido de encontrar soluções de conforto e segurança mais estruturadas e sistemas colapsáveis, optou-se por analisar as cadeiras de rodas para humanos, e os carrinhos de bebé. Foi dada uma atenção especial às rodas que estes equipamentos utilizam, pois são essenciais para amortecer a vibração quando rodam em pisos irregulares. Foram identificados os vários tipos de rodas, sistemas de enchimento, materiais, fabricantes e dimensões padrão disponíveis no mercado.

Foi efetuada uma pesquisa de materiais tão diversos como filamentos para FDM, têxteis, materiais para moldes, resinas para compósitos, tramas de fibras de vidro e de carbono, bem como dos processos e tecnologias para os aplicar.

Na pesquisa de mercado apurou-se que, apesar de existirem diversos modelos de cadeiras de rodas, não reúnem os requisitos funcionais ou estéticos definidos.

4.2.4 - Protótipos e Testes

O Uzi foi medido e, como auxiliar de estudo anatómico e modelo para os conceitos, optou-se por fazer a modelação do animal em 3D, utilizando o software Sculpttris (figura 74).

Procurou-se a simplificação de formas e definição dos elementos estruturais e componentes. Após apresentação do primeiro conceito (fig. 75) ao médico veterinário, houve necessidade de efetuar alterações adicionando um arco rígido sobre o dorso (figura 76), para aumentar a estabilidade da estrutura. Ainda nesta fase, foram tomadas algumas decisões relativas aos sistemas a adotar, para tornar a cadeira de rodas colapsável, bem como aos materiais a utilizar.

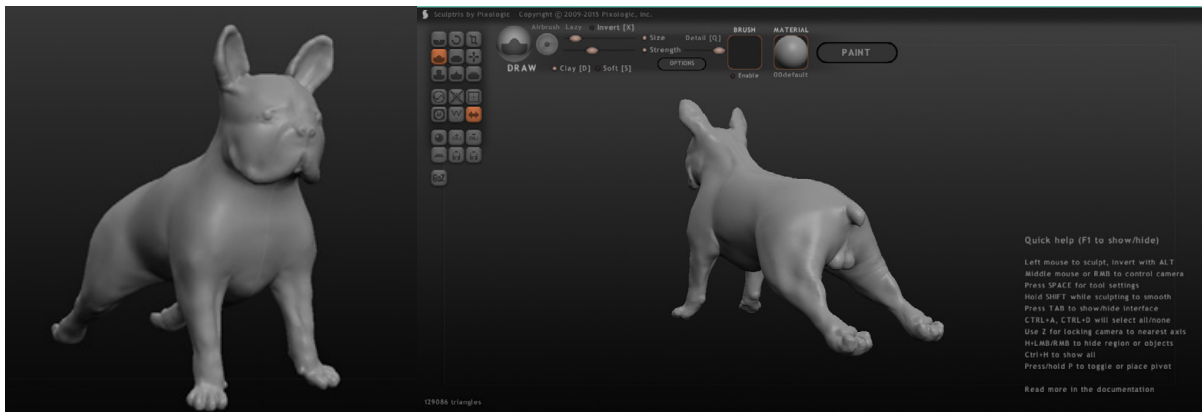


Figura 88 - Modelo tridimensional do Uzi (Autora)

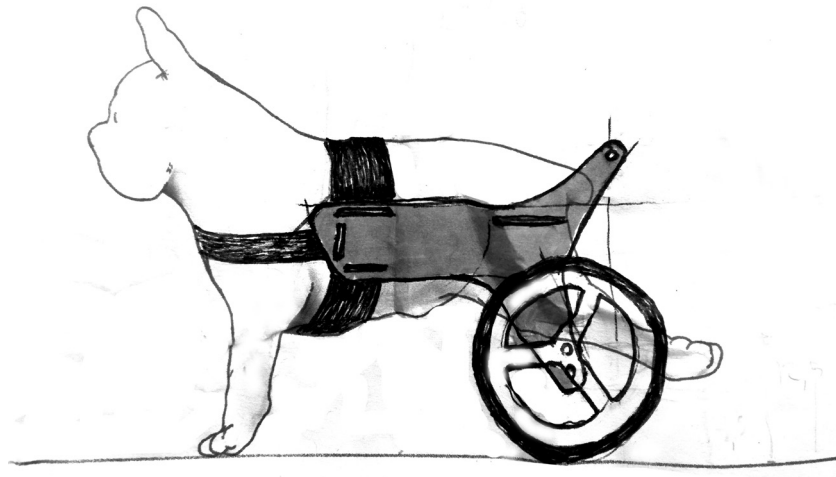


Figura 89 - Esboço do conceito base (Autora)

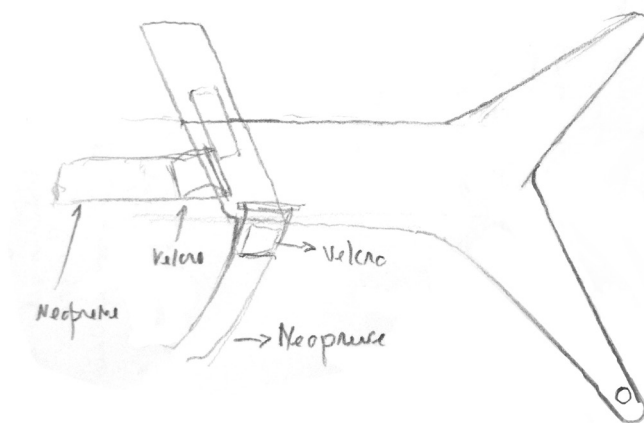
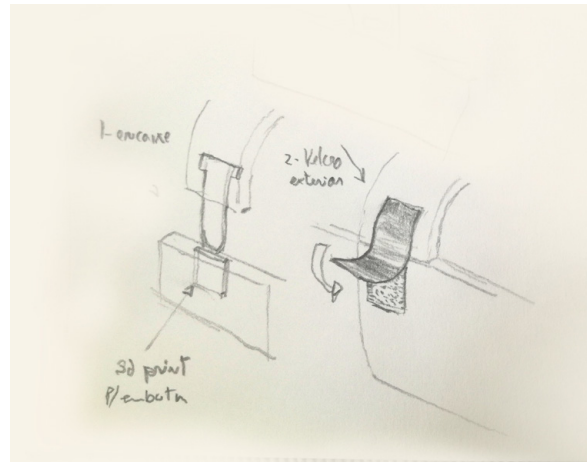
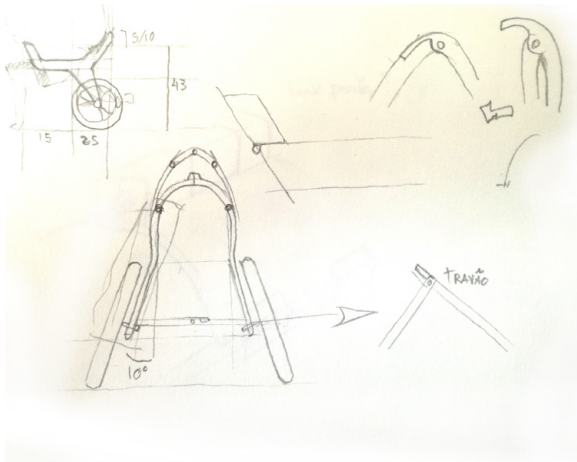


Figura 90 - Estudo de sistemas (autora)



Figuras 91 e 92 - Estudo de sistemas (Autora)

Uma vez definido o sistema, foi feita a modelação 3D das partes rígidas do protótipo (figuras 79, 80 e 81). Conceberam-se os negativos das partes laterais, que foram fresados em MDF para servir de molde para o compósito de fibra de vidro com resina epoxy. Foi modelado e impresso em PLA, o negativo do arco superior, também utilizado como molde.

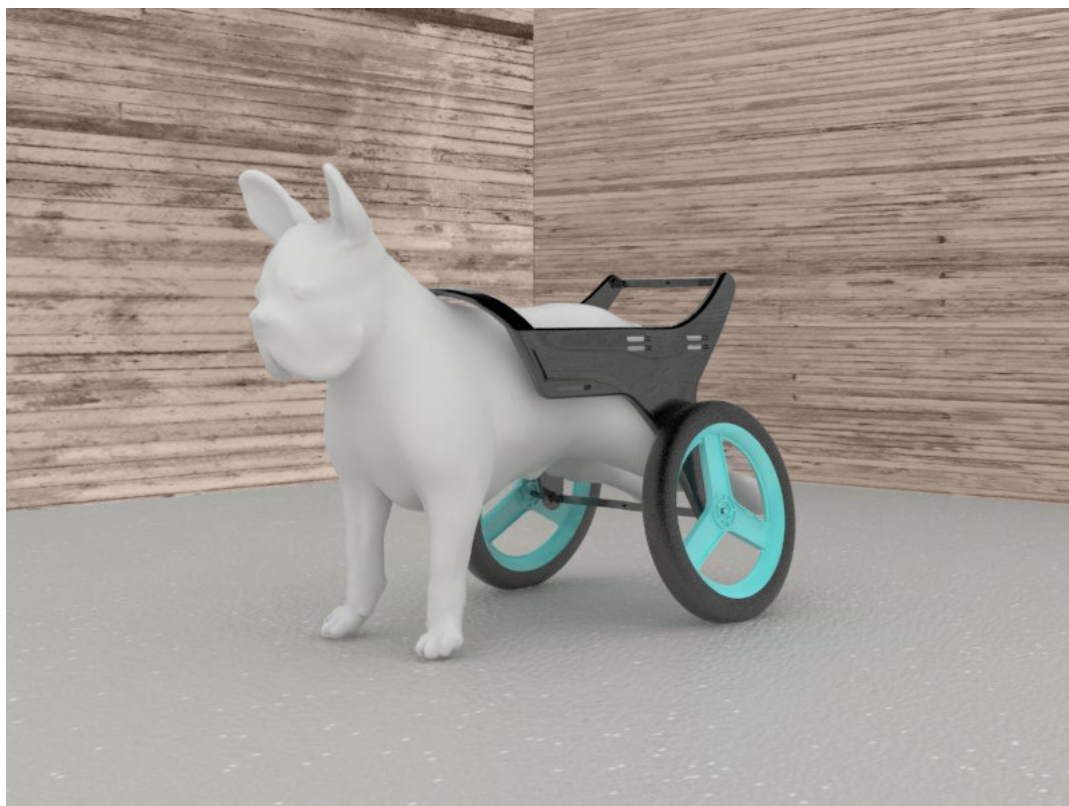


Figura 93 - Modelo tridimensional da estrutura da cadeira de rodas e do Uzi (Autora)

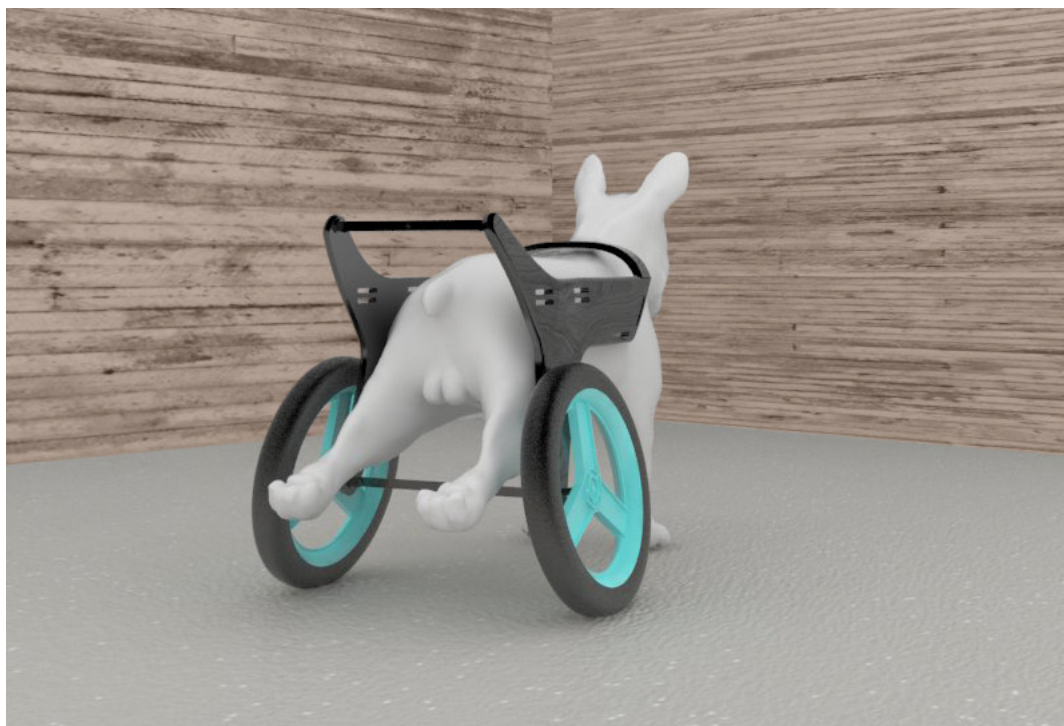


Figura 94 - Modelo tridimensional da estrutura da cadeira de rodas e do Uzi (Autora)



Figura 95 - Modelo tridimensional da estrutura da cadeira de rodas e do Uzi (Autora)



Figura 96 - Modelo tridimensional da estrutura da cadeira de rodas com arco de apoio destacável (Autora)

Procurou-se que as formas fossem orgânicas e acompanhassem a fisionomia do animal, e foi incorporado um sistema simples para separação do arco superior, de modo a agilizar o processo de colocar e retirar o animal do dispositivo (figura 82).

Foi também considerado um sistema colapsável para facilitar o transporte e armazenamento do equipamento quando não estiver a ser utilizado (figuras 83 e 84).



Figuras 97 e 98 - Simulação 3D do sistema colapsável (Autora)

Deu-se início ao processo de prototipagem, tendo sido fabricados os moldes, para as peças em fibra de vidro (figura 85), e fresadas as ferragens em aço inox (figura 86), que, quando embutidas da fibra, servem para reforçar as aberturas por onde irão passar as fitas de contenção e de suporte do animal.

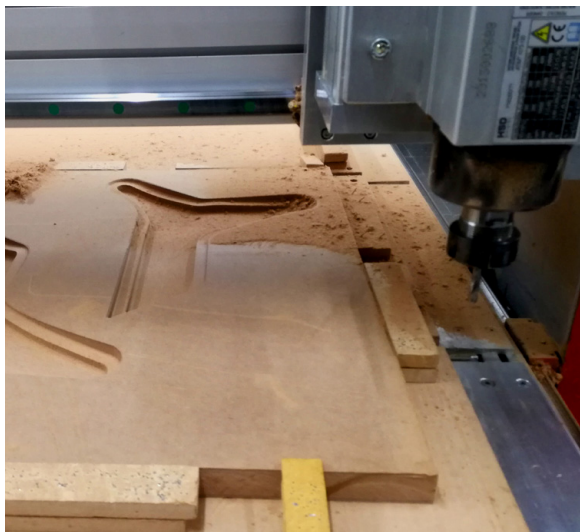


Figura 99 - Fabricação do molde em MDF (Autora)



Figura 100 - Fabricação de ferragens (Autora)

Foi aplicada cera de abelha como desmoldante e colocadas as 4 camadas de fibra de vidro e de resina epoxy (figura 88). Entre as camadas foram posicionadas as ferragens em aço inox e roscas M8 de embutir, onde serão posteriormente aparafusadas as rodas. Após a cura da resina, as peças foram retiradas do molde, recortadas, lixadas e polidas (figuras 89 e 90).

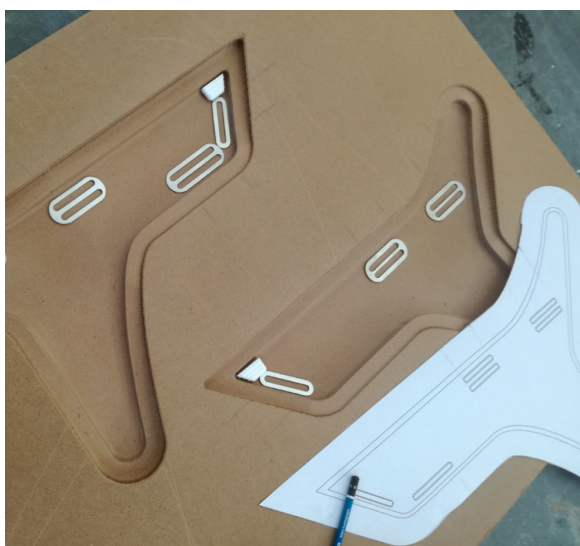


Figura 101 - Preparação do molde (Autora)



Figura 102 - Preenchimento com fibra (Autora)



Figura 103 - Lixagem das laterais (Autora)



Figura 104 - Polimento das peças (Autora)

Foram fabricados e testados os mecanismos em aço inox (figuras 85 e 86), que foram projetados para este sistema. Posteriormente foram pintados na mesma cor da cadeira (preto metalizado). O interior da cadeira foi forrado com espuma de polietileno (PE), com 1 cm de espessura, garantindo o conforto do utilizador (figura 94).

Para o suporte do peso corporal e cintas de retenção, foi utilizado neoprene com 3mm de espessura (figura 93). Este material é robusto, não se deteriora com a humidade e tem alguma elasticidade. Foram cosidas ao neoprene bandas de velcro para que possam ser retiradas facilmente para lavagem. Foram impressas em PLA peças para regular o aperto das cintas de retenção



Figura 105 - Ferragem aberta (Autora)



Figura 106 - Ferragem a fechar (Autora)



Figura 107 - Preparação dos têxteis (Autora)



Figura 108 - Forro em espuma de PE (Autora)

Após a montagem das rodas foi verificado o correto posicionamento e funcionamento das ferragens que compõe o sistema colapsável, bem como a estabilidade da estrutura. Foram colocados os elementos têxteis para suporte e contenção. Por último, foi feito um saco em neoprene, com alça regulável em Nylon, para facilitar o transporte da cadeira de rodas.



Figura 109 - Montagem de componentes (Autora)



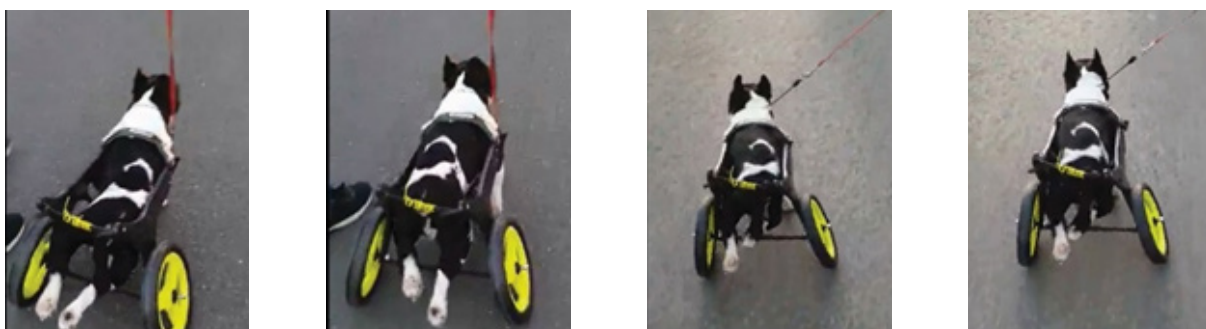
Figura 110 - Saco para transporte (Autora)

Num primeiro momento, o ensaio com a cadeira de rodas foi muito positivo. O Uzi adaptou-se bem e até correu, no entanto, identificaram-se problemas com este dispositivo. O facto do suporte do corpo ser feito sobre neoprene, confere conforto ao utilizador e minimiza a trepidação quando roda

sobre piso irregular, contudo, também permite que o corpo balance demasiado e exerça forças lateralmente, forçando o fecho do mecanismo colapsável e assimetrizando o eixo da cadeira de rodas. Também as fitas de retenção demonstraram ter elasticidade excessiva, tornando-se prejudiciais à estabilidade e bom desempenho do produto.



Figuras 111, 112 e 113 - Ensaio da cadeira de rodas no Hospital Veterinário de São Bento (Autora)



Figuras 114, 115, 116 e 117 - Imagens do vídeo enviado pelos tutores do Uzi presente no anexo D

4.2.5 - Análise de resultados

Este produto requer novas iterações. Será revisto o sistema de apoio do peso corporal, de modo a manter o conforto do utilizador e sem que interfira no equilíbrio estrutural da cadeira de rodas. O sistema colapsável revelou-se demasiado frágil para um animal tão enérgico, que, ao sentir que recuperou a mobilidade, agiu com a naturalidade que antes tinha, como subir escadas ou ultrapassar outros obstáculos físicos.

Outra questão que merece reflexão é o próprio material utilizado no fabrico das laterais e do arco, pois a fibra de vidro, apesar de ser leve e resistente, pode tornar o produto dispendioso e a produção morosa, face à urgência de um animal que depende do aparelho para se locomover. Esse maior custo na produção e a morosidade está implicada nas diferentes fases de produção envolvidas, tais como o elevado grau de customização, a fresagem de um molde, a preparação do mesmo e o processo de fabrico das peças.

Atualmente este produto está em fase de redesign, numa perspectiva de fabricação direta, utilizando a tecnologia FDM, para agilizar o processo de materialização.

4.3 - Prótese para Cão

4.3.1 - Caso Clínico

O Thor é um cão de porte pequeno que pesa cerca de 6Kg e, em junho de 2018, deu entrada no Hospital Veterinário de São Bento, com lesões graves no membro posterior direito. Foi resgatado pela associação de proteção dos animais “O cantinho de Beja”, e supõe-se que tenha perdido a pata numa armadilha para raposas.

O Thor foi alvo de diversas cirurgias, sendo a última o implante de uma endo-exo-prótese na tíbia direita, entretanto já osseointegrada. O caso do Thor tem uma particularidade única, pois para além da endo-exo prótese, existe uma ligação externa com o tendão de Aquiles ou calcâneo (Schmitt, 2013) que poderá eventualmente permitir que, se conectada com uma prótese articulada, o animal possa recuperar algum controlo nos movimentos do pé. Este projeto visa cooperar com um ensaio clínico, que pretende melhorar a qualidade de vida de animais com amputação do pé.

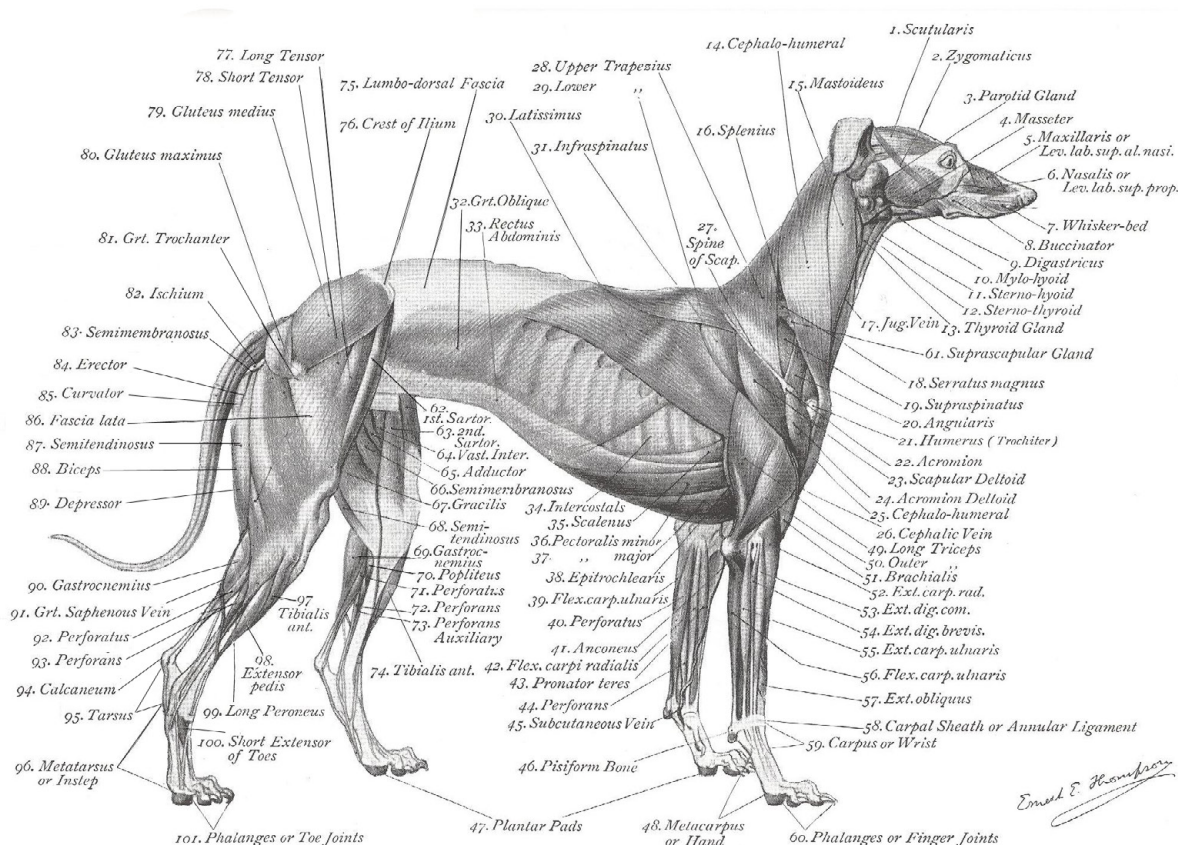


PLATE VIII.—THE ANATOMY OF THE GREYHOUND. THE IMPORTANT MUSCLES.

The Skin and the Skin Muscles or Panniculi are removed, to expose the second or most important layer of Muscles. This plate more than any other is explanatory of the Visible Form.

Fonte: (Seton, 1896)

Figura 118 - Anatomia do cão

4.3.2 – Requisitos

Identificada a necessidade, foi formulada uma listagem de requisitos para a prótese, podendo, no entanto, sofrer alterações no que diz respeito à articulação, dada a natureza deste projeto:

- Não colocar em causa a segurança e integridade física do utilizador
- Devolver a possibilidade de apoio sobre o membro posterior direito
- Obedecer à biomecânica do animal
- Utilizar um material estrutural resistente a forças de fadiga
- Utilizar materiais biotolerados
- Utilizar um sistema de encaixe com a endo-exo prótese fácil de manusear
- Viabilidade de utilização no exterior e em pisos mistos
- Esteticamente agradável
- Peso inferior a 50g
- Confortável para o utilizador
- Fabricação através de tecnologias de prototipagem rápida
- De fácil manutenção e higiene
- Vida útil de 6 ou mais meses

4.3.3 – Pesquisa

Numa fase inicial procurou-se aprofundar a compreensão da anatomia dos membros posteriores do cão, com ênfase no sistema músculo-esquelético e nas características funcionais dos tendões.

Foi efetuada uma pesquisa de próteses já aplicadas em cães, no sentido de verificar quais as formas mais bem aceites por estes animais, e que concedem andamentos mais próximos do natural.

O Thor foi medido e pesado, e foi medida a zona exterior da endo-exo prótese, cujo comprimento é de 27mm e diâmetro de 2,6mm. O sistema de fixação a utilizar será idêntico ao da prótese ER8 dos gatos, salvo se nos ensaios se revelar necessário introduzir alterações.

Em termos comportamentais, para além da personalidade, idade e condição física do sujeito em si, existem padrões comportamentais comuns à espécie, e que terão de ser consideradas nas várias etapas do projeto. A observação comportamental e a identificação de sinais de dor ou desconforto, ou de alegria e bem-estar serão, em conjunção com as diretrizes por parte do médico especialista, as principais condicionantes para o desenvolvimento formal.

Sendo o comportamento dos cães distinto do dos gatos, também os materiais terão de ser ajustados. O cão um animal que gosta de roer, que, para ele, é uma forma de explorar o mundo, no entanto, associado a um comportamento destrutivo, poderá estar associado a outras questões (Pultarova, 2017). Assim sendo, apesar de se considerar a impressão 3D para o processo iterativo, o produto final deverá ser noutro material mais resistente.

Pretende-se projetar uma prótese articulada, que, em conjunto com a ligação ao tendão de Aquiles, mimetize o movimento natural do pé ao caminhar. Foram então pesquisados sistemas existentes, que funcionam como dobradiça com travão e molas.

4.3.4 - Protótipos e Testes

Optou-se por desenhar um modelo simples para fazer um primeiro ensaio, sem qualquer tipo de articulação, apenas para verificar dimensões aproximadas e curvatura e, a partir desse primeiro teste, procurar resolver os problemas identificados, materializar e imprimir o novo protótipo para novo ensaio, até chegar ao produto final (método RITE). Os protótipos funcionais serão impressos em PLA por FDM e, quando encontrada a forma final, será fabricado um modelo num material mais resistente para testes mais completos.

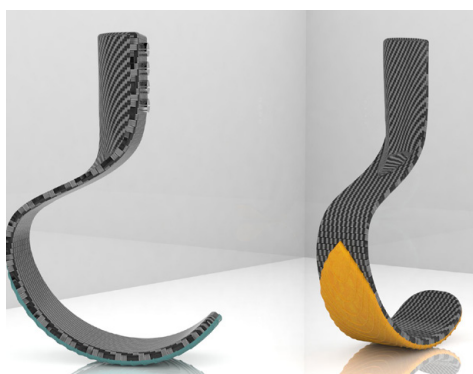
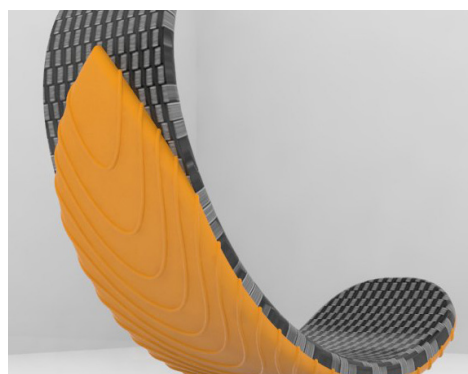
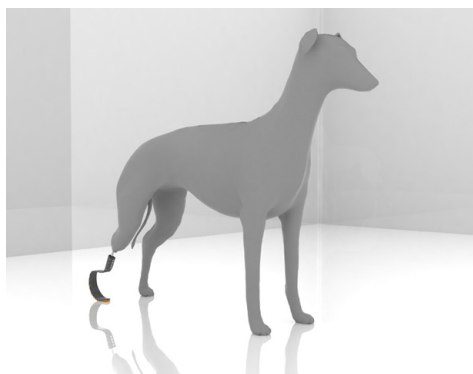


Figura 119 - Modelação 3D da prótese base (Autora)



120 - Pormenor da textura da sola (Autora)



Figuras 121 e 122 - Representação tridimensional da prótese num cão amputado (Autora)

O protótipo base foi impresso em PLA com sola em TPU. Não existiu nenhuma preocupação com as cores seleccionadas, pois apenas era pretendido aferir correções a partir deste modelo.



Figuras 123 e 124 - Protótipo de testes impresso para o primeiro ensaio no Thor (Autora)

Assim que foi colocado o protótipo no Thor, a rejeição foi imediata. Não andou e tentou imediatamente destruir o objecto.

4.3.5 - Análise de resultados

Os resultados do protótipo de testes permitiram concluir que, tanto a altura como a curvatura estavam desajustados, tendo sido definidas as alterações a implementar para um novo protótipo, atualmente em fase de desenho CAD.

Referências Bibliográficas do Capítulo

Pultarova, T. (2017, Dezembro 5). Why Do Dogs Chew Everything? Obtido 22 de Outubro de 2019, de Livescience.com website: <https://www.livescience.com/61096-why-dogs-chew-everything.html>

Robert McNeel & Associates. (2018). Rhinoceros 3D (Versão 6.0) [Microsoft Windows].

Schmitt, B. (2013). Ruptura do tendão calcâneo comum em cão: Relato de caso. 23.

Seton, E. T. (1896). Studies in the art anatomy of animals [microform]: Being a brief analysis of the visible forms of the more familiar mammals and birds ; designed for the use of sculptors, painters, illustrators, naturalists, and taxidermists. Obtido de http://archive.org/details/cihm_35627

Capítulo V - Conclusões e Recomendações

5.1 - Conclusões

O principal factor a ter em conta quando se desenha para animais, é o facto de eles não terem a consciência prévia das limitações ou capacidades de um produto, nem compreenderem a melhor forma de tirar partido do mesmo. Terá de ser o produto a adaptar-se ao utilizador e nunca o oposto. Outro factor, não menos importante, é facto de, para além do tutor ser também utilizador, ele é o Cliente final do produto. Em síntese, é imperativo que o produto se adapte ao animal, ao tutor, e ao meio que os rodeia. Cabe ao designer fazer esta análise de modo a definir de forma objetiva e acertada os requisitos do produto, considerando as características tangíveis e intangíveis de ambos.

A revisão da literatura permitiu compreender as necessidades e implicações desta investigação, bem como definir uma estratégia metodológica para o desenvolvimento dos próprios produtos.

A utilização da ferramenta de modelação 3D Sculptris (Pixologic, Inc., 2009), para modelação dos animais, revelou-se um importante contributo para o design dos produtos, permitindo antever e comunicar a harmonia formal entre os animais e os respetivos auxiliares de locomoção, mesmo antes da materialização de protótipos. A comunicação dos conceitos ao médico veterinário foi assim facilitada e permitiu identificar pontos de melhoria e efetuar as correções nos modelos 3D de forma precoce.

Procurando responder às questões de partida, que originaram esta investigação, “Como pode o Design contribuir para a conceção de próteses para animais amputados?” e “Será viável conceber auxiliares de locomoção para animais com limitações motoras recorrendo à Prototipagem Rápida?”, demonstrou-se que a metodologia de design aplicada permite responder satisfatoriamente às duas questões colocadas. Neste trabalho, foi realizado um processo de design com desenvolvimento iterativo da forma/função dos produtos através de, por um lado, a iteração com os animais, tutores e pessoal clínico e, por outro lado, através da iteração com materiais e tecnologias de fabricação digital, até à conclusão e validação das soluções mais adequadas

O design de produto considera outros factores que vão além da funcionalidade específica esperada de um determinado objeto. Ao analisar um problema é considerado também o serviço que é prestado, e como pode ser melhorado, tendo em conta todas as partes envolvidas. Poderá afirmar-se que a intervenção é feita no modo como se desenrola o serviço, através da materialização de um objeto. A forma não segue apenas a função ou a estética, ela é o resultado material que emerge como resposta à análise holística de um problema ou oportunidade.

O recurso à modelação 3D e à prototipagem rápida permitiram materializar tanto os protótipos de teste como os produtos finais, de uma forma sustentável e rápida, viabilizando a aplicação de um vasto leque de materiais e tecnologias de fabricação digital.

5.2 - Recomendações

Apesar dos resultados positivos alcançados, ao longo da investigação identificaram-se algumas oportunidades de melhoria:

Uma análise mais sistemática dos casos de estudo, com mais casos, mais tempo e mais recursos de diagnóstico, testes e ensaios, poderá permitir uma melhor definição dos problemas a solucionar.

Recomenda-se a utilização de um software de modelação que permita o design paramétrico, numa perspetiva de redução de tempo no re-design que um processo iterativo com utilização do método RITE pode requerer. A utilização de software CAD paramétrico é também sugerida, por permitir, de uma forma célere, adaptar determinado modelo, já desenvolvido, para outros animais com diferentes características físicas, mas discapacidades similares.

Outra componente importante, num trabalho que se espera multidisciplinar, seria a contribuição de uma equipa de engenharia mecânica e/ou de materiais para optimização e cálculo das geometrias propostas. Por outro lado, a utilização de software que permita realizar uma análise de elementos finitos, poderá economizar tempo e reduzir custos no projeto. No decorrer deste trabalho, a não utilização deste género de software ou da especialidade de engenharia/materiais obrigou a que fossem efectuados diversos testes de impressão, com o intuito de testar o comportamento e aferir pesos dos materiais. Estes testes não teriam sido necessários se tivesse havido recurso a software que analisa o próprio modelo virtual, identificando características físicas e fragilidades relacionadas com os materiais ou estruturas (Gavira & Silva, 2003).

Sugere-se também que, no futuro, o processo de design possa começar antes do fabrico da endo-exo prótese a implantar, para que a parte exo possa ser pensada em conjunto com a prótese. Desta forma o design de produto poderá contribuir com mais e melhores soluções, sem estar restrito a adaptar algo a um sistema pré-existente.

5.3 - Disseminação

A disseminação desta investigação iniciou-se através de uma publicação na rede social Facebook, feita pela página do Hospital Veterinário de São Bento (HVSB) em 26 de novembro de 2018, sobre o desenvolvimento da prótese da Sempes, ainda em fase embrionária. No dia 09 de Fevereiro de 2019, novamente na página de Facebook do Hospital são partilhadas imagens da modelação 3D do

Uzi, com indicação que está em curso o design de uma cadeira de rodas. No dia 23 do mesmo mês, é feita uma publicação para adoção do gato Simão, utilizando a prótese R2 na imagem.

No dia 27 de Fevereiro de 2019, a convite da equipa do Laboratório de Prototipagem Rápida (LPR) da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa para o evento IN Talk, foi dada uma palestra sobre investigação em curso, seguida de uma conversa informal dos oradores Doutor Henrique Armés, diretor Clínico do HVSB, e a investigadora Isabel Rego.

A prótese R2 esteve patente na exposição do Mestrado de Design de Produto, na nave da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, entre os dias 8 e 22 de Março de 2019. No dia 17 do mesmo mês foi dada uma palestra conjunta, com o Doutor Henrique Armés, na workshop “Endo-Exo Prostheses in Small Animals” incluída no programa do VII AEICBAS Biomedical Congress, que se realizou na cidade do Porto.

A convite do HVSB, foi escrito um artigo informal acerca desta investigação, com o título “Design de próteses no Hospital Veterinário de São Bento: estética e coração”, tendo sido publicado no dia 9 de Abril (Isabel Rego, 2019).

No dia 14 de Maio foi para o ar uma reportagem com o título “O dia-a-dia de um hospital veterinário”, emitida no programa “Você na TV”, do canal TVI, tendo sido apresentada a cadeira de rodas do Uzi («O dia-a-dia de um Hospital veterinário», 2019).

A agência noticiosa France Press interessou-se por esta investigação e está a preparar uma reportagem. Já foram feitas entrevistas e recolha de imagens, mas ainda não foi publicada.

Pretende-se prosseguir com a divulgação através da publicação de artigos em revistas científicas, publicações de veterinária e de Design, em congressos de Design, de veterinária e engenharia biomédica. Foi criada uma marca, ainda não registada, dedicada unicamente à conceção de equipamentos auxiliares de locomoção para animais, que nos próximos meses estará disponível através do respetivo website e redes sociais. A divulgação será efetuada através das redes sociais e, de uma forma mais direta, junto de centros de atendimento médico veterinários, Centros de recuperação de animais silvestres (CRAS), zoológicos e santuários de vida animal.

Referências Bibliográficas do Capítulo

Gavira, M., & Silva, E. M. da. (2003, Outubro). O papel da simulação no projeto do processo de novos produtos. Apresentado na XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, Ouro Preto, MG, Brasil. Obtido de https://www.academia.edu/3141659/O_papel_da_simula%C3%A7%C3%A3o_no_projeto_do_processo_de_novos_produtos

O dia-a-dia de um Hospital veterinário. (2019, Maio 14). Em Você na TV. Obtido de <https://tvi.iol.pt/vocenatv/videos/o-dia-a-dia-de-um-hospital-veterinario/5cdacbbd0cf21b722314007b>

Pixologic, Inc. (2009). Sculptris (Versão Alpha6) [Microsoft Windows]. Pixologic, Inc.

Rego, I. (2019, Abril 9). Design de próteses no Hospital Veterinário de São Bento: Estética e coração. Obtido 30 de Outubro de 2019, de Hospital Veterinário de São Bento website: https://veterinario.pt/design-de-proteses-no-hospital-veterinario-de-sao-bento-estetica-e-coracao/?fbclid=IwAR0kT_UEnJpS1ns-LHUnLIWOouHSHhG-9U_BelDlxPgxXxqP5bDxH2gQAs

Bibliografia

2019 Best All-In-One 3D Printers (Scanner/Laser Engraver/CNC). (2019, Julho 9).

Obtido 4 de Agosto de 2019, de All3DP website: [https://all3dp.com/1/](https://all3dp.com/1/all-in-one-laser-3d-printer-scanner-cutter-engraver-cnc/)

[all-in-one-laser-3d-printer-scanner-cutter-engraver-cnc/](https://all3dp.com/1/all-in-one-laser-3d-printer-scanner-cutter-engraver-cnc/)

3D Printed Mask Serves as Cast for Fractured Dog Skull. (2017, Novembro 30). School of Veterinary Medicine. <https://www.vetmed.ucdavis.edu/news/3d-printed-mask-serves-cast-fractured-dog-skull>

3D Printing Helps Lucky Dog Walk on All Four Legs. (2017, Junho 9). 3DPrint.Com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing. <https://3dprint.com/177242/3d-printed-prosthetic-leg-duke/>

3D Printing Technology in Nanomedicine—Directed Energy Deposition. (2019, Dezembro 19). <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/directed-energy-deposition>

Adam, M. (2017, Abril 27). Como investir no mercado de animais de estimação?

Jornal de Negócios. Obtido de [https://www.jornaldenegocios.pt/trading/detalhe/](https://www.jornaldenegocios.pt/trading/detalhe/como-investir-no-mercado-de-animais-de-estimacao)
[como-investir-no-mercado-de-animais-de-estimacao](https://www.jornaldenegocios.pt/trading/detalhe/como-investir-no-mercado-de-animais-de-estimacao)

Advancedbiomaterials2019. (2018, Agosto 25). Hydrogel-rapid prototyping for Tissue Engineering.

Obtido 5 de Agosto de 2019, de Advanced Biomaterials 2019 website: <https://advancedbiomaterials2018.wordpress.com/2018/08/25/hydrogel-rapid-prototyping-for-tissue-engineering/>

Agarwala, M. K., Weeren, R. V., Vaidyanathan, R., Bandyopadhyay, A., Carrasquillo, G., Jamalabad, V., ... Danforth, S. C. (1995). Structural ceramics by fused deposition of ceramics. 1995 International Solid Freeform Fabrication Symposium.

Ahmad, N., Gopinath, P., & Dutta, R. (2019). 3D printing technology in nanomedicine.

Alberdi, A., Suárez, A., Artaza, T., Escobar-Palafox, G. A., & Ridgway, K. (2013). Composite Cutting with Abrasive Water Jet. *Procedia Engineering*, 63, 421–429. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.217>

Albizuri, S., Nadal, J., Martín, P., Gibaja, J. F., Cóllica, A. M., Esteve, X., ... Subirà, M. E. (2019). Dogs in funerary contexts during the Middle Neolithic in the northeastern Iberian Peninsula (5th–early 4th millennium BCE). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 24, 198–207. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.01.004>

Alport, B. (2017, Maio 31). 3D Printed Bespoke Canine Prosthesis. Wales Centre for Advanced Batch Manufacturing. <http://www.cbmwales.co.uk/3d-printed-bespoke-canine-prosthesis/>

- Andrews, D., Nonnecke, B., & Preece, J. (2003). Electronic Survey Methodology: A Case Study in Reaching Hard-to-Involve Internet Users. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 16(2), 185–210. https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1602_04
- Antas, A. F., Lino, F. J., & Neto, R. (2008). Utilização das tecnologias de prototipagem rápida na área médica. *Proceedings CLME'2008-5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, IICEM-2º Congresso de Engenharia de Moçambique*.
- Araújo, L. (2010). Um Modelo de Classificação para Metodologias de Design. 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. Obtido de https://www.academia.edu/8081663/Um_Modelo_de_Classifica%C3%A7%C3%A3o_para_Metodologias_de_Design_A_Classification_Model_for_Design_Methods
- Arabia, C. J. (2015, Março 25). Derby The Dog Gets New 3D Printer Prosthetic Legs. *Dogtime*. <https://dogtime.com/dog-health/general/21330-derby-the-dog-gets-new-prosthetic-legs>
- Aravinthan, P., GopalaKrishnan, N., Srinivas, P. A., & Vigneswaran, N. (2010). Design, development and implementation of neurologically controlled prosthetic limb capable of performing rotational movement. *INTERACT-2010*, 241–244. <https://doi.org/10.1109/INTERACT.2010.5706148>
- Azevedo, F. (2015, Outubro 1). Portugal é um país Pet-Friendly. Obtido 7 de Outubro de 2019, de GFK - Growth from Knowledge website: <https://www.gfk.com/pt/insights/press-release/portugal-e-um-pais-pet-friendly/>
- Banks, M. R., & Banks, W. A. (2002). The Effects of Animal-Assisted Therapy on Loneliness in an Elderly Population in Long-Term Care Facilities. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(7), M428–M432. <https://doi.org/10.1093/gerona/57.7.M428>
- Barbosa, J. (2007). Projetar não é criar, nem criar é projetar: Obtido de https://www.academia.edu/2517578/Projetar_n%C3%A3o_%C3%A9_criar_nem_criar_%C3%A9_projetar_
- Barros, G., Barbosa, F., & Cavalcanti, V. C. (2017). BRUCE ARCHER: Método Sistemático para Designers. Obtido de https://www.academia.edu/33689841/BRUCE_ARCHER_M%C3%A9todo_Sistem%C3%A1tico_para_Designers
- Baxter, M. (2018). *Product design*. CRC Press.
- Beauty and the Beak. (2017). Idaho STEM Action Center. <https://stem.idaho.gov/resources-portals/beautysbeak/>
- Beck, L., & Madresh, E. A. (2008). Romantic Partners and Four-Legged Friends: An Extension of Attachment Theory to Relationships with Pets. *Anthrozoös*, 21(1), 43–56. <https://doi.org/10.2752/089279308X274056>

- Beerda, B., Schilder, M. B. H., Van Hooff, J. A. R. A. M., De Vries, H. W., & Mol, J. A. (1999). Chronic Stress in Dogs Subjected to Social and Spatial Restriction. I. Behavioral Responses. *Physiology & Behavior*, 66(2), 233–242. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(98\)00289-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(98)00289-3)
- Bellis, M. (2018, Setembro 24). Who Invented Prosthetics? Obtido 7 de Agosto de 2019, de ThoughtCo website: <https://www.thoughtco.com/brief-history-of-prosthetics-4019665>
- Belshaw, Z., Asher, L., Harvey, N. D., & Dean, R. S. (2015). Quality of life assessment in domestic dogs: An evidence-based rapid review. *The Veterinary Journal*, 206(2), 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.07.016>
- Benedict, G. (2017). *Nontraditional manufacturing processes*. Routledge.
- Bernard, P., & Demaret, A. (1996). Pourquoi possède-t-on des animaux de compagnie? Raisons d'aujourd'hui, raisons de toujours. Bodson, L. (Ed) *L'animal de compagnie : ses rôles et leurs motivations au regard de l'histoire. Colloques d'histoire des connaissances zoologiques*, 8, 119–130.
- Black, J. (2006). *Biological performance of materials: Fundamentals of biocompatibility*. Obtido de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=1714541>
- Bowlby, J. (1980). *Attachment and loss*. New York: Basic Books.
- Bradley, D., & Russell, D. W. (Eds.). (2010). *Mechatronics in action: Case studies in mechatronics - applications and education*. London: Springer.
- Braverman, I. (2018). Saving Species, One Individual at a Time: Zoo Veterinarians Between Welfare and Conservation. *Humanimalia*, 9(2), 1–27.
- Bronzino, J. D., & Chemical Rubber Company (Eds.). (2000). *The biomedical engineering handbook* (2. ed). Obtido de <https://books.google.pt/books?id=T2UloAxcFdIC&pg=PT268&lpg=PT268&dq=Definitions+in+biomaterials++Consensus+Conference+on+Definitions+in+Biomaterials+1992&source>
- Broom, D. M. (1991). Animal welfare: Concepts and measurement. *Journal of Animal Science*, 69(10), 4167–4175. <https://doi.org/10.2527/1991.69104167x>
- Broom, Donald M., & Fraser, A. F. (2015). *Domestic animal behaviour and welfare* (5th edition). Wallingford, UK ; Boston, MA: CABI.
- Browner, B. D. (2002). *Skeletal trauma*. Philadelphia, Pa.; London: W.B. Saunders.
- Bubach, K. (2012, Setembro 13). Bald Eagle Gets 3D Printed Beak Prosthesis. Singularity Weblog. <https://www.singularityweblog.com/bald-eagle-gets-3d-printed-beak-prosthesis/>
- Buchanan, J. W. (2013). The history of veterinary cardiology. *Journal of veterinary cardiology*, 15(1), 65–85.

- Bürdek, B. E., Dale, M., Richter, S., & Hausmann, N. (2015). Design: History, theory and practice of product design. Obtido de <http://www.degruyter.com/viewbooktoc/product/450120>
- Burns, M., & Management Roundtable, I. (1991). Rapid prototyping: System selection and implementation guide. Boston, Mass.: Management Roundtable, Inc.
- Burres, S., Edwards, N. E., Beck, A. M., & Richards, E. (2016). Incorporating Pets into Acute Inpatient Rehabilitation: A Case Study. *Rehabilitation Nursing*, 41(6), 336–341. <https://doi.org/10.1002/rnj.260>
- Campbell, D. T., & Riecken, H. W. (1968). Quasi-experimental design. *International encyclopedia of the social sciences*, 5, 259–263.
- Cassels, M. T., White, N., Gee, N., & Hughes, C. (2017). One of the family? Measuring young adolescents' relationships with pets and siblings. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 49, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2017.01.003>
- Castilho, M., Dias, M., Vorndran, E., Gbureck, U., Fernandes, P., Pires, I., ... Rodrigues, J. (2014). Application of a 3D printed customized implant for canine cruciate ligament treatment by tibial tuberosity advancement. *Biofabrication*, 6(2), 025005.
- Caya, S. (2015). The Importance of House Pets in Emotional Development. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 185, 411–416. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.03.388>
- Chandler, C. K., Fernando, D. M., Barrio Minton, C. A., & Portrie-Bethke, T. L. (2015). Eight Domains of Pet-Owner Wellness: Valuing the Owner-Pet Relationship in the Counseling Process. *Journal of Mental Health Counseling*, 37(3), 268–282. <https://doi.org/10.17744/mehc.37.3.06>
- Christiansen, S. B., & Forkman, B. (2007). Assessment of animal welfare in a veterinary context—A call for ethologists. *Applied Animal Behaviour Science*, 106(4), 203–220. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.01.004>
- Chua, C. K., Leong, K. F., & Lim, C. S. (2003). Rapid prototyping: Principles and applications (2nd ed). New Jersey: World Scientific.
- Clarkson, J., Coleman, R., Keates, S., & Lebbon, C. (2003). Inclusive Design or Assistive Technology. London, UK: Springer Verlag.
- Clarkson, P. J., Coleman, R., Keates, S., & Lebbon, C. (2013). Inclusive design: Design for the whole population. Springer Science & Business Media.
- Classics in the History of Psychology—A. H. Maslow (1943) A Theory of Human Motivation. (sem data). Obtido 13 de Setembro de 2019, de <http://psychclassics.yorku.ca/Maslow/motivation.htm>
- Clement, R. G. E., Bugler, K. E., & Oliver, C. W. (2011). Bionic prosthetic hands: A review of present technology and future aspirations. *The Surgeon*, 9(6), 336–340. <https://doi.org/10.1016/j.surge.2011.06.001>

Clutton-Brock, J. (Ed.). (1989). *The Walking larder: Patterns of domestication, pastoralism, and predation*. London ; Boston: Unwin Hyman.

Cole, G. L., & Millis, D. (2017). The effect of limb amputation on standing weight distribution in the remaining three limbs in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 30(01), 59–61. <https://doi.org/10.3415/VCOT-16-05-0075>

Colton, C. L. (2002). *The History of Fracture Treatment*. Em *Skeletal trauma* (3.^a ed., Vol. 1). Philadelphia, Pa.; London: W.B. Saunders.

Coton, J., Pinto, M. de G., Veytizou, J., & Thomann, G. (2014). Design for Disability: Integration of Human Factor for the Design of an Electro-mechanical Drum Stick System. *Procedia CIRP*, 21, 111–116. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.169>

Court-Brown, C. M., McQueen, M. M., & Tornetta, P. (2006). *Trauma*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Creau1 | Minds. (2017, Setembro 13). <https://www.minds.com/Creau1>

Cross, N. (2001). Designerly ways of knowing: Design discipline versus design science. *Design issues*, 17(3), 49–55.

Crump, S. S., Jr, W. R. P., & Hanson, J. J. (2006). United States Patent N. US7125512B2. Obtido de <https://patents.google.com/patent/US7125512B2/en>

CT2 Paper 1.pdf. (2007). Obtido de <http://highgatecounselling.org.uk/members/certificate/CT2%20Paper%201.pdf>

da Silva, F. J. C. M. (2010). Investigar em design versus investigar pela prática do design—um novo desafio científico. *INGEPRO-Inovação, Gestão E Produção*, 2(4), 82–91.

da Silva, F. M., & Almendra, R. (2007). Inclusive design: A new approach to design project. Em *A portrait of state-of-the-art research at the Technical University of Lisbon* (pp. 605–621). Springer.

Darwin, C. (1889). *The descent of man, and selection in relation to sex* (2.^a ed., Vol. 1). Obtido de http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1889_Descent_F969.pdf

Dawkins, M. S. (1988). Behavioural deprivation: A central problem in animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 20(3–4), 209–225. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(88\)90047-0](https://doi.org/10.1016/0168-1591(88)90047-0)

Degeling, C. (2009). Negotiating Value: Comparing Human and Animal Fracture Care in Industrial Societies. *Science, Technology, & Human Values*, 34(1), 77–101. <https://doi.org/10.1177/0162243907310298>

Design Council. (2007, Janeiro 20). 11 lessons: Managing design in global brands. Obtido 2 de Outubro de 2019, de Design Council website: <https://www.designcouncil.org.uk/resources/report/11-lessons-managing-design-global-brands>

Design Council. (2015, Março 17). What is the framework for innovation? Design Council's evolved Double Diamond. Obtido 26 de Outubro de 2019, de Design Council website: <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-framework-innovation-design-councils-evolved-double-diamond>

Dickerson, V. M., Coleman, K. D., Ogawa, M., Saba, C. F., Cornell, K. K., Radlinsky, M. G., & Schmiedt, C. W. (2015). Outcomes of dogs undergoing limb amputation, owner satisfaction with limb amputation procedures, and owner perceptions regarding postsurgical adaptation: 64 cases (2005–2012). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 247(7), 786–792. <https://doi.org/10.2460/javma.247.7.786>

Driscoll, C. A., Macdonald, D. W., & O'Brien, S. J. (2009). From wild animals to domestic pets, an evolutionary view of domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(Supplement_1), 9971–9978. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901586106>

Dudek, P. (2013). FDM 3D printing technology in manufacturing composite elements. *Archives of Metallurgy and Materials*, 58(4), 1415–1418.

Edin, B. B., Ascari, L., Beccai, L., Roccella, S., Cabibihan, J.-J., & Carrozza, M. C. (2008). Bio-inspired sensorization of a biomechatronic robot hand for the grasp-and-lift task. *Brain research bulletin*, 75(6), 785–795.

Edwards, S. D., & Stainton, T. (2005). *Disability: Definitions, value and identity*. Oxford: Radcliffe.

Endangered turtle gets 3D-printed titanium jaw. (2015, Maio). Earth Touch News Network. <https://www.earthtouchnews.com/conservation/success-stories/endangered-turtle-gets-3d-printed-titanium-jaw-photos>

Ernst, A. (sem data). Papua New Guinea. Obtido 26 de Outubro de 2019, de http://members.ozemail.com.au/~andyernst/papua_new_guinea.htm

Falder, S., Bennett, S., & Alvi, R. (2003). Following in the footsteps of the pharaohs. *British Journal of Plastic Surgery*, 56(2), 196–197. [https://doi.org/10.1016/S0007-1226\(03\)00088-2](https://doi.org/10.1016/S0007-1226(03)00088-2)

Feltman, R. (2015, Maio 20). Turtle gets a 3-D printed titanium jaw, now looks like a supervillain—The Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/news/speaking-of-science/wp/2015/05/20/turtle-gets-a-3-d-printed-titanium-jaw-now-looks-like-a-supervillain/>

Ferreira, D., Duarte, T. P., Carvalho, F. X. de, Alves, J. L., & Ferreira, I. (2016, Setembro). Desenvolvimento de Prótese para Membro Superior: Produção de Baixo Custo Por Impressão 3D. *Tecnometal - Inovação nas Empresas de Metalurgia e Metalomecânica*, N°226, 12–21.

Feygin, M., Shkolnik, A., Diamond, M. N., & Dvorskiy, E. (1998). Patent N. 5730817. Obtido de <http://www.freepatentsonline.com/5730817.html>

Finch, J. (2011). The ancient origins of prosthetic medicine. *The Lancet*, 377(9765), 548–549. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60190-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60190-6)

- Foggiatto, J. A. (2006). O uso da prototipagem rápida na área médico-odontológica. *Revista Tecnologia & Humanismo*, 20(30), 60–68.
- Fomos conhecer o primeiro hospital veterinário de Lisboa. (sem data).
Obtido 29 de Outubro de 2019, de <https://tvi.iol.pt/vocenatv/videos/fomos-conhecer-o-primeiro-hospital-veterinario-de-lisboa/5be2c3890cf29c55c0b92f6d>
- Forster, L. M., Wathes, C. M., Bessant, C., & Corr, S. A. (2010). Owners' observations of domestic cats after limb amputation. *Veterinary Record*, 167(19), 734–739. <https://doi.org/10.1136/vr.c5893>
- Frank, M. C., Harrysson, O., Wysk, R. A., Chen, N., Srinivasan, H., Hou, G., & Keough, C. (2017). Direct additive subtractive hybrid manufacturing (DASH)—An out of envelope method. 28th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium.
- Franklin, A. (1999). *Animals and modern cultures: A sociology of human-animal relations in modernity*. London: Sage.
- Freitas, R. F. de, Coutinho, S. G., & Waechter, H. da N. (2013). Análise de Metodologias em Design: A informação tratada por diferentes olhares. *Estudos em Design*, 21(1). <https://doi.org/10.35522/eed.v21i1.111>
- Friedmann, E., Katcher, A. H., Thomas, S. A., Lynch, J. J., & Messent, P. R. (1983). Social Interaction and Blood Pressure: Influence of Animal Companions. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 171(8), 461–465. <https://doi.org/10.1097/00005053-198308000-00002>
- Fuchs, A., Goldner, B., Nolte, I., & Schilling, N. (2014). Ground reaction force adaptations to tripedal locomotion in dogs. *The Veterinary Journal*, 201(3), 307–315. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.05.012>
- Galton, F. (1883). *Inquiries into Human Faculty and its Development*. Macmillan.
- Gardner-Bonneau, D., Weinger, M. B., & Wiklund, M. E. (2011). *Handbook of human factors in medical device design*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Gavira, M., & Silva, E. M. da. (2003, Outubro). O papel da simulação no projeto do processo de novos produtos. Apresentado na XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, Ouro Preto, MG, Brasil. Obtido de https://www.academia.edu/3141659/O_papel_da_simula%C3%A7%C3%A3o_no_projeto_do_processo_de_novos_produtos
- Gillis, R. (2012). Beyond the Pail. Lactose Persistence and the Early Cultural History of Europe *LeCHE*, 35.
- Goldner, B., Fuchs, A., Nolte, I., & Schilling, N. (2015). Kinematic adaptations to tripedal locomotion in dogs. *The Veterinary Journal*, 204(2), 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.03.003>
- Gomes, J. C. (2016, Maio). Constitucionalismo, deficiência mental e incapacidade: Um apelo aos direitos | *Julgar*. *Revista Julgar*, 29, 119–151.

- Gruen, L. (2011). *Ethics and animals: An introduction*. Cambridge University Press.
- Guo, N., & Leu, M. C. (2013). Additive manufacturing: Technology, applications and research needs. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 8(3), 215–243.
- Hagberg, K., & Brånemark, R. (2009). One hundred patients treated with osseointegrated trans-femoral amputation prostheses—Rehabilitation perspective. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 46(3).
- Hagberg, K., Häggström, E., Jönsson, S., Rydevik, B., & Brånemark, R. (2008). Osseoperception and osseointegrated prosthetic limbs. Em *Psychoprosthetics* (pp. 131–140). Springer.
- Hart, L. A., Hart, B. L., Thigpen, A. P., Willits, N. H., Lyons, L. A., & Hundenski, S. (2018). Compatibility of Cats With Children in the Family. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 278. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00278>
- Hassan, A. I., & Kosmol, J. (1997). An Overview of Abrasive Waterjet Machining (AWJM). *Prace Naukowe Katedry Budowy Maszyn, Politechnika Slaska*, (2/97), 181–205.
- Heilman, D. (2017, Outubro 8). The story of bald eagle shot by poacher made into a book | The Spokesman-Review. *The Spokesman Review*. <https://www.spokesman.com/stories/2017/oct/08/the-story-of-bald-eagle-shot-by-poacher-made-into/>
- Hinde, R. A., & Bateson, P. P. G. (1976). *Growing Points Ethology*. CUP Archive.
- Hobday, F. T. G. (1905). *Surgical Diseases of the Dog and Cat: With Chapters on Anaesthetics and Obstetrics* (2.^a ed.). Obtido de <https://archive.org/details/cu31924001128630>
- Hogy, S. M., Worley, D. R., Jarvis, S. L., Hill, A. E., Reiser, R. F., & Haussler, K. K. (2013). Kinematic and kinetic analysis of dogs during trotting after amputation of a pelvic limb. *American Journal of Veterinary Research*, 74(9), 1164–1171. <https://doi.org/10.2460/ajvr.74.9.1164>
- Hospital Veterinário de São Bento—Publicações. (sem data). Obtido 29 de Outubro de 2019, de https://www.facebook.com/veterinariopt/posts/10156337557563860?__tn__=H-R
- Hovorka, C. F., Shurr, D. G., & Bozik, D. S. (2002). The Concept of an Entry-Level Interdisciplinary Graduate Degree Preparing Orthotists for the New Millennium Part 1: History of Orthotic and Prosthetic Education. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics*, 14(2), 51.
- Injured Sea Turtle Gets A 3D-Printed Jaw. (2019, Dezembro 19). <https://www.iflscience.com/plants-and-animals/injured-sea-turtle-gets-modern-mouth-3d-printed-jaw/>
- Hughes, B. O. (1980). The Assessment of Behavioural Needs. Em R. Moss (Ed.), *The Laying Hen and its Environment* (pp. 149–166). https://doi.org/10.1007/978-94-009-8922-1_8
- Jensen, P. (Ed.). (2017). *The ethology of domestic animals: An introductory text* (3rd edition). Wallingford, Oxfordshire, UK ; Boston, MA: CABI.

- Jones, T. S., & Richey, R. C. (2000). Rapid prototyping methodology in action: A developmental study. *Educational Technology Research and Development*, 48(2), 63–80. <https://doi.org/10.1007/BF02313401>
- Juan, G., & Ulloa, A. de. (1772). *A Voyage to South America: Describing at Large the Spanish Cities, Towns, Provinces, &c.* (3.^a ed., Vol. 1). London: London : printed for L. Davis and C. Reymers.
- Kalantari, M. (2017). Consumers adoption of wearable technologies: Literature review, synthesis, and future research agenda. *International Journal of Technology Marketing*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.1504/IJTMKT.2017.10008634>
- Kamrani, A. K., & Salhie, S. M. (2011). Product Design for Modularity. Obtido de <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5594867>
- Kanat-Maymon, Y., Antebi, A., & Zilcha-Mano, S. (2016). Basic psychological need fulfillment in human–pet relationships and well-being. *Personality and Individual Differences*, 92, 69–73. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.12.025>
- Kawachi, E. Y., Bertran, C. A., Reis, R. R. dos, & Alves, O. L. (2000). Biocerâmicas: Tendências e perspectivas de uma área interdisciplinar. *Química Nova*, 23(4), 518–522. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000400015>
- Kidd, A. H., & Kidd, R. M. (1995). Children's Drawings and Attachment to Pets. *Psychological Reports*, 77(1), 235–241. <https://doi.org/10.2466/pr0.1995.77.1.235>
- Kirpensteijn, J., van den Bos, R., & Endenburg, N. (1999). Adaptation of dogs to the amputation of a limb and their owners' satisfaction with the procedure. *Veterinary Record*, 144(5), 115–118. <https://doi.org/10.1136/vr.144.5.115>
- Klute, G. K., Glaister, B. C., & Berge, J. S. (2010). Prosthetic Liners for Lower Limb Amputees: A Review of the Literature. *Prosthetics and Orthotics International*, 34(2), 146–153. <https://doi.org/10.3109/03093641003645528>
- Kumar, S. (2003). Selective laser sintering: A qualitative and objective approach. *Jom*, 55(10), 43–47.
- Kun, K. (2016). Reconstruction and Development of a 3D Printer Using FDM Technology. *Procedia Engineering*, 149, 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.657>
- Langnau, L. (2011, Outubro 3). Subtractive Manufacturing: What You Need to Know. Obtido 2 de Agosto de 2019, de <https://www.makepartsfast.com/2011-make-parts-fast-handbook-subtractive-prototyping/>
- Larkin, M. (2011). Pioneering a Profession The Birth of veterinary Education in the Age of Enlightenment. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 238(1), 8–26. <https://doi.org/10.2460/javma.238.1.8>

- Levi-Strauss, C. (1966). *The savage mind*. University of Chicago Press.
- Limond, J. A., Bradshaw, J. W. S., & Cormack, M. K. F. (1997). Behavior of Children with Learning Disabilities Interacting With a Therapy Dog. *Anthrozoös*, 10(2–3), 84–89. <https://doi.org/10.2752/089279397787001139>
- Linden, J. C. de S. van der, Lacerda, A. P. de, & Aguiar, J. P. O. de. (2011, Maio). The Evolution of Design Methods. Apresentado na 9th International Conference of the European Academy of Design, Porto, Portugal. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/273704768_The_evolution_of_design_methods
- Lino, J., Barbado, H., Duarte, T., Neto, J., & Paiva, R. (2006, Setembro). Aplicação da Prototipagem Rápida na Área Médica. *Saúde Oral - Revista profissional de Estomatologia e Medicina Dentária*, nº50, 66–74.
- Lippi, G., & Mattiuzzi, C. (2008). Pistorius ineligible for the Olympic Games: The right decision. *British Journal of Sports Medicine*, 42(3), 160–161. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.046730>
- Lord, M., & Turner-Smith, A. (2000). Orthopedic Prosthetics and Orthotics in Rehabilitation. Em J. D. Bronzino & Chemical Rubber Company (Eds.), *The biomedical engineering handbook* (2. ed). Boca Raton, Fla.: CRC Press [u.a.].
- Lorincz, J. (2011, Julho 1). Masters of Manufacturing: Carl R. Deckard, PhD - Advanced Manufacturing. Obtido 1 de Agosto de 2019, de <https://advancedmanufacturing.org/masters-manufacturing-carl-r-deckard-phd/>
- Lorincz, J. (2012, Janeiro 1). Subtractive Rapid Prototyping Advances. Obtido 1 de Agosto de 2019, de <https://advancedmanufacturing.org/techfront-subtractive-rapid-prototyping-advances/>
- Lynch, J. J. (1977). *The broken heart: The medical consequences of loneliness*.
- MacFarland, D. J. (2014). *A dictionary of animal behaviour*.
- Maldonado, T., & Cullars, J. (1991). The Idea of Comfort. *Design Issues*, 8(1), 35–43. <https://doi.org/10.2307/1511452>
- Malgaigne, J.-F. (1847). *Traité des fractures et des luxations* (Vol. 1). Baillière.
- Marcellin-Little, D. J., Drum, M. G., Levine, D., & McDonald, S. S. (2015). Orthoses and Exoprostheses for Companion Animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45(1), 167–183. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.09.009>
- Martin, B., & Hanington, B. M. (2012a). *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions* (Digital ed). Beverly, MA: Rockport Publishers.

Martin, B., & Hanington, B. M. (2012b). Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions (Digital ed). Beverly, MA: Rockport Publishers.

Mastinu, E., Clemente, F., Sassu, P., Aszmann, O., Brånemark, R., Håkansson, B., ... Ortiz-Catalan, M. (2019). Grip control and motor coordination with implanted and surface electrodes while grasping with an osseointegrated prosthetic hand. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 16(1), 49.

Matias, E., & Rao, B. (2015). 3D printing: On its historical evolution and the implications for business. 2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), 551–558. IEEE.

McNicholas, J., Gilbey, A., Rennie, A., Ahmedzai, S., Dono, J.-A., & Ormerod, E. (2005). Pet ownership and human health: A brief review of evidence and issues. *BMJ*, 331(7527), 1252–1254. <https://doi.org/10.1136/bmj.331.7527.1252>

Meet Derby the Dog. (2019, Dezembro 26). 3D Systems. <https://www.3dsystems.com/customer-stories/meet-derby-dog>

Menchetti, M., Gandini, G., Gallucci, A., Della Rocca, G., Matiassek, L., Matiassek, K., ... Rosati, M. (2017). Approaching phantom complex after limb amputation in the canine species. *Journal of Veterinary Behavior*, 22, 24–28. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2017.09.010>

Metzger, S. (2006, Agosto 1). Materials Science: Producing Lighter, More Cosmetically Appealing O&P Devices. OPEDGE.COM. Obtido de https://opedge.com/Articles/ViewArticle/2006-08_01

Mich, P. M. (2014). The Emerging Role of Veterinary Orthotics and Prosthetics (V-OP) in Small Animal Rehabilitation and Pain Management. *Topics in Companion Animal Medicine*, 29(1), 10–19. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2014.04.002>

Mlynar, P. (2015, Dezembro 7). Sprocket the Cat Was Saved by a 3D Printer. Catster. <https://www.catster.com/lifestyle/sprocket-the-cat-was-saved-by-a-3d-printer>

Mitsuda, T. (2017). Entangled Histories: German Veterinary Medicine, c .1770–1900. *Medical History*, 61(1), 25–47. <https://doi.org/10.1017/mdh.2016.99>

Molitch-Hou, M. (2015a, Maio 14). Sea Turtle 1st 3D Printed Jaw Implant. 3D Printing Industry. <https://3dprintingindustry.com/news/robo-turtle-receives-species-1st-3d-printed-jaw-implant-49051/>

Molitch-Hou, M. (2015b, Agosto 19). Saving Two Birds with One Technology: Toucans Receive 3D Printed Beaks. 3D Printing Industry. <https://3dprintingindustry.com/news/saving-two-birds-with-one-technology-brazilian-toucans-receive-3d-printed-beaks-55679/>

Molloy, O., Tilley, S., & E.Warman. (2013). Design for Manufacturing and Assembly Concepts, Architectures and Implementation. Springer Verlag.

- Monteiro, A. C. (2015, Outubro 5). Portugueses têm mais animais de estimação que crianças. Obtido 7 de Outubro de 2019, de Hipersuper website: <http://www.hipersuper.pt/2015/10/05/portugueses-tem-mais-animais-de-estimacao-que-criancas/>
- Morris, R. (2009). *The Fundamentals of Product Design*. Lausanne: AVA Academia.
- Mota, A. (2017, Março 10). Materials of Prosthetic Limbs. Obtido de https://broncoscholar.library.cpp.edu/bitstream/handle/10211.3/193171/MotaAnissa_LibraryResearchPaper2017.pdf?sequence=1
- Moura, M. (2011). Interdisciplinaridades no Design Contemporâneo. *Metodologias em Design: Inter-Relações*. 1ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 1, 274–290.
- Mueller, M. K., & Callina, K. S. (2014). Human–Animal Interaction as a Context for Thriving and Coping in Military-Connected Youth: The Role of Pets During Deployment. *Applied Developmental Science*, 18(4), 214–223. <https://doi.org/10.1080/10888691.2014.955612>
- Mutilated Toucan Gets 3D Printed Beak. (2015, Dezembro 21). National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com.au/animals/mutilated-toucan-gets-3d-printed-beak.aspx>
- Nerlich, A. G., Zink, A., Szeimies, U., & Hagedorn, H. G. (2000). Ancient Egyptian prosthesis of the big toe. *The Lancet*, 356(9248), 2176–2179. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)03507-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)03507-8)
- Neves, A. (2017). Design como Pensamento. Obtido de https://www.academia.edu/36163012/Design_como_Pensamento
- Newton, C. D., & David M. Nunamaker. (sem data). *Textbook of Small Animal Orthopaedics*. Obtido de http://cal.vet.upenn.edu/projects/saortho/chapter_29/29mast.htm
- Norman, D. A., & Draper, S. W. (Eds.). (1986). *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Norton, K. M. (2007, Novembro). A Brief History of Prosthetics. Obtido 7 de Agosto de 2019, de Amputee Coalition website: <https://www.amputee-coalition.org/resources/a-brief-history-of-prosthetics/>
- O dia-a-dia de um Hospital veterinário. (2019, Maio 14). Em Você na TV. Obtido de <https://tvi.iol.pt/vocenatv/videos/o-dia-a-dia-de-um-hospital-veterinario/5cdacbbd0cf21b722314007b>
- O que os animais pensam e sentem. (sem data). Obtido 22 de Outubro de 2019, de <https://www.sabado.pt/ciencia---saude/detalhe/o-que-passa-pela-cabeca-do-seu-cao-e-gato>
- OMV. (2019, Agosto 8). Estatísticas. Obtido 10 de Outubro de 2019, de OMV - Ordem dos Médicos Veterinários website: <https://www.omv.pt/omv/estatisticas>
- Ott, K., Serlin, D., Mihm, S., & Mihm, A. P. of H. S. (2002). *Artificial Parts, Practical Lives: Modern Histories of Prosthetics*. NYU Press.
- Park, J. B., & Lakes, R. S. (2007). *Biomaterials: An introduction* (3rd ed). New York: Springer.

Parker, J. V. (2010). *Animal minds, animal souls, animal rights*. Lanham, MD: University Press of America.

Patronek, G. J., Waters, D. J., & Glickman, L. T. (1997). Comparative Longevity of Pet Dogs and Humans: Implications for Gerontology Research. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 52A(3), B171–B178. <https://doi.org/10.1093/gerona/52A.3.B171>

Peake, T. (2014, Fevereiro 18). Injured Sea Turtle? Just Print a Splint! NC State News. <https://news.ncsu.edu/2014/02/tp-splintprint/>

Pendergrass, J. (2018, Janeiro 4). New Insights Into the Phantom Complex for Small Animals. Obtido 11 de Outubro de 2019, de American Veterinarian website: <http://www.americanveterinarian.com/news/new-insights-into-the-phantom-complex-for-small-animals>

Perlman, D., & Peplau, L. A. (1981). Toward a social psychology of loneliness. *Personal relationships*, 3, 31–56.

Pet Owner Makes 3D-Printed Leg Brace For Injured Cat. (2015, Outubro 29). Yahoo news. Obtido 13 de Janeiro de 2020, de <https://uk.news.yahoo.com/pet-owner-makes-3d-printed-133108644.html>

Pinheiro, M. C., & Silva, F. M. da. (2010). Comunicação Visual e Design Inclusivo, Cor, legibilidade e visão envelhecida. *Design Ergonômico-Estudos e Aplicações*, 17033, 62.

Pinna, C., Ramundo, L., Sisca, F. G., Angioletti, C., Taisch, M., & Terzi, S. (2016). Additive Manufacturing applications within Food industry: An actual overview and future opportunities. 21st Summer School Francesco Turco 2016, 18–24. AIDI-Italian Association of Industrial Operations Professors.

Pinto, C. (2015, Outubro). Portugal tem 6,7 milhões de animais de estimação. *Veterinaria Atual*. Obtido de <https://www.veterinaria-atual.pt/na-clinica/portugal-tem-67-milhoes-de-animais-de-estimacao/>

Pitkin, M. (2013). Design features of implants for direct skeletal attachment of limb prostheses. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 101(11), 3339–3348. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.34606>

Pixologic, Inc. (2009). *Sculptris (Versão Alpha6)* [Microsoft Windows]. Pixologic, Inc.

Ponseti, I. V. (1991). History of orthopaedic surgery. *The Iowa orthopaedic journal*, 11, 59.

Prosthesis Material. (sem data). Obtido 9 de Agosto de 2019, de <https://er.jsc.nasa.gov/seh/pg70s95.html>

Prosthetics in Dogs—Procedure, Efficacy, Recovery, Prevention, Cost. (sem data). Obtido 14 de Outubro de 2019, de WagWalking website: <https://wagwalking.com/treatment/prosthetics>

Proto Labs. (sem data). *Designing For Moldability: White Paper*. Obtido de <https://www.wateronline.com/doc/designing-for-moldability-volume-1-0001>

Pugliese, D. (sem data). Awa – Domenico Pugliese | Photographer. Obtido 26 de Outubro de 2019, de <https://www.domeni.co.uk/portfolio/reportage/awa/>

Pullin, G. (2009). Design meets disability. Cambridge, Mass: MIT Press.

Pultarova, T. (2017, Dezembro 5). Why Do Dogs Chew Everything? Obtido 22 de Outubro de 2019, de Livescience.com website: <https://www.livescience.com/61096-why-dogs-chew-everything.html>

Raghunath, A. (2015, Junho 24). Materials in Prosthetics. Obtido 9 de Agosto de 2019, de Prezi.com website: <https://prezi.com/4vlqj-odirb/materials-in-prosthetics/>

Ratanji, D. (2018a, Janeiro 2). Quais os números do sector Vet em Portugal? Obtido 4 de Outubro de 2019, de VetBizz Consulting website: <https://vetbizz.pt/cronicas-mensais/quais-os-numeros-do-sector-vet-em-portugal/>

Ratanji, D. (2018b, Setembro 1). Tendências do Sector Veterinário. Obtido 4 de Outubro de 2019, de VetBizz Consulting website: <https://vetbizz.pt/cronicas-mensais/tendencias-do-sector-veterinario/>

Ratanji, D. (2019, Janeiro 2). Quanto vale o meu CAMV? Obtido 4 de Outubro de 2019, de VetBizz Consulting website: <https://vetbizz.pt/cronicas-mensais/quanto-vale-o-meu-camv/>

Ratner, B. D. (Ed.). (2004). Biomaterials science: An introduction to materials in medicine (2nd ed). Amsterdam ; Boston: Elsevier Academic Press.

Regmi, P. R., Waithaka, E., Paudyal, A., Simkhada, P., & Van Teijlingen, E. (2016). Guide to the design and application of online questionnaire surveys. *Nepal journal of epidemiology*, 6(4), 640.

Rego, I. (2019, Abril 9). Design de próteses no Hospital Veterinário de São Bento: Estética e coração. Obtido 30 de Outubro de 2019, de Hospital Veterinário de São Bento website: https://veterinario.pt/design-de-proteses-no-hospital-veterinario-de-sao-bento-estetica-e-coracao/?fbclid=IwAR0kT_UE-nJpS1ns-LHUnLIWOouHSHhG-9U_BelDlXPgxXxqP5bDxH2gQAs

Robert McNeel & Associates. (2018). Rhinoceros 3D (Versão 6.0) [Microsoft Windows].

Roland DGA. (2011). Subtractive Rapid Prototyping: White Paper. Obtido de http://www.goodeink.com/wp-content/uploads/2016/09/SubtractiveRapidPrototyping_WhitePaper_Roland2011.pdf

Rollin, B. E. (2006). Euthanasia and quality of life. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 228(7), 1014–1016. <https://doi.org/10.2460/javma.228.7.1014>

Roper, T. J. (1984). Response of thirsty rats to absence of water: Frustration, disinhibition or compensation? *Animal Behaviour*, 32(4), 1225–1235. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(84\)80240-7](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(84)80240-7)

Rowlands, M. (2002). *Animals like us*. London: Verso.

Rowley, J. (2014). Designing and using research questionnaires. *Management Research Review*, 37(3), 308–330. <https://doi.org/10.1108/MRR-02-2013-0027>

- Sahlins, M. (1976). *Culture and practical reason*. University of Chicago Press.
- Saint-Exupéry, A. de. (2005). *The little prince*. Obtido de <http://lib.myilibrary.com?id=1051281>
- Sanders, J. E., Nicholson, B. S., Zachariah, S. G., Cassisi, D. V., Karchin, A., & Fergason, J. R. (2004). Testing of elastomeric liners used in limb prosthetics: Classification of 15 products by mechanical performance. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 41(2), 175–186.
- Santos, O. P. G. (2015, Agosto 3). Tucano ganha primeira prótese artificial da espécie feita no Brasil. Santos e Região. <http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2015/08/tucano-ganha-primeira-protese-artificial-da-especie-feita-no-brasil.html>
- Sauer, B. W., Weinstein, A. M., Klawitter, J. J., Hulbert, S. F., Leonard, R. B., & Bagwell, J. G. (1974). The role of porous polymeric materials in prosthesis attachment. *Journal of Biomedical Materials Research*, 8(3), 145–153. <https://doi.org/10.1002/jbm.820080315>
- Scarlett, J. M., Salman, M. D., New, J. G., & Kass, P. H. (2002). The role of veterinary practitioners in reducing dog and cat relinquishments and euthanasias. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 220(3), 306–311. <https://doi.org/10.2460/javma.2002.220.306>
- Schachter, S. (1959). The psychology of affiliation: Experimental studies of the sources of gregariousness.
- Schatzker, J. (1996). Osteosynthesis in trauma. *International Orthopaedics*, 20(4), 244–252. <https://doi.org/10.1007/s002640050073>
- Schlich, T. (2002). Introduction: The AO. Em T. Schlich, *Surgery, Science and Industry* (pp. 1–5). https://doi.org/10.1057/9780230513280_1
- Schlich, T., Mykhalovskiy, E., & Rock, M. (2009). Animals in Surgery — Surgery in Animals: Nature and Culture in Animal-human Relationship and Modern Surgery. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 31(3/4), 321–354. Obtido de JSTOR.
- Schmitt, B. (2012). Ruptura do tendão calcâneo comum em cão: Relato de caso. Fundação Educacional Jayme de Altavila.
- Scott, C. (2019, Dezembro 19). 3D Printing Helps Lucky Dog Walk on All Four Legs—3DPrint.com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing. <https://3dprint.com/177242/3d-printed-prosthetic-leg-duke/>
- Scott, H. W., & McLaughlin, R. M. (2007). *Feline orthopedics*. Obtido de http://www.123library.org/book_details/?id=1804
- Secrest, R. (sem data). How artificial limb is made—Material, manufacture, making, used, parts, components, structure, procedure. Obtido 10 de Agosto de 2019, de How Products are made website: <http://www.madehow.com/Volume-1/Artificial-Limb.html>

- Serpel, J. (1989). Pet-Keeping and animal domestication: A reappraisal. Em *The Walking larder: Patterns of domestication, pastoralism, and predation* (pp. 10–21). London ; Boston: Unwin Hyman.
- Serpell, J. (1996). *In the company of animals: A study of human-animal relationships*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Serpell, J. (2017). *The domestic dog: Its evolution, behavior, and interactions with people*. Obtido de <https://doi.org/10.1017/9781139161800>
- Seton, E. T. (1896). *Studies in the art anatomy of animals [microform]: Being a brief analysis of the visible forms of the more familiar mammals and birds ; designed for the use of sculptors, painters, illustrators, naturalists, and taxidermists*. Obtido de http://archive.org/details/cihm_35627
- Seutin, L. J. G. (1851). *Traité de la méthode amovo-inamovible: Comprenant des recherches historiques sur l'origine et la constitution de cette méthode; l'exposé de ses principes, de ses caractères et de ses procédés; et ses applications cliniques aux divers ordres de lésions et maladies chirurgicales*. Gregoir.
- Shaw, J. K., & Martin, D. (Eds.). (2015). *Canine and feline behavior for veterinary technicians and nurses*. Ames, Iowa: John Wiley & Sons.
- Sheet Lamination | Additive Manufacturing Research Group | Loughborough University. (sem data). Obtido 4 de Agosto de 2019, de <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/sheetlamination/>
- Silva J. C. P. da S., Paschoarelli L. C., & Silva, F. M. (2010). *Design Ergonômico-Estudos e Aplicações*. CEP, 17033.
- Skipper, A. (2019). The 'Dog Doctors' of Edwardian London: Elite Canine Veterinary Care in the Early Twentieth Century. *Social History of Medicine*, hkz049. <https://doi.org/10.1093/shm/hkz049>
- Smith, G. E. (1908). The Most Ancient Splints. *BMJ*, 1(2465), 732–736. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.2465.732>
- Souza, J. (2018). *Design Como Pensamento—Relatório Final*. Obtido de https://www.academia.edu/36739795/Design_Como_Pensamento_-_Relat%C3%B3rio_Final
- Souza, J. (sem data). *Morris Asimow*. Obtido de https://www.academia.edu/36145886/Morris_Asimow
- Sprowls, R. C., & Asimow, M. (1962). A Model of Customer Behavior for the Task Manufacturing Corporation. *Management Science*, 8(3), 311–324. <https://doi.org/10.1287/mnsc.8.3.311>
- Staats, S., Wallace, H., & Anderson, T. (2008). Reasons for Companion Animal Guardianship (Pet Ownership) from Two Populations. *Society & Animals*, 16(3), 279–291. <https://doi.org/10.1163/156853008X323411>

Stainless Steel Material for Laser Cutting. (sem data). Obtido 3 de Agosto de 2019, de Sculpteo website: <https://www.sculpteo.com/en/lasercutting/laser-cutting-materials/stainless-steel-material/>

Stereolithography (SLA) – MKS Technologies Pvt Ltd. (sem data). Obtido 2 de Agosto de 2019, de <http://www.mkstechgroup.com/stereolithography-sla/>

Stoll, H. W. (1999). Product design methods and practices. New York: Marcel Dekker.

Sussman, M. B. (Ed.). (1985). Pets and the family. Obtido de [https://books.google.pt/books?id=z-MveCwAAQBAJ&pg=PA68&dq=Cain,+A.+\(1983\).+A+study+of+pets+in+the+family+system&hl=p-t-PT&sa=X&ved=0ahUKEwic-NWWsLfkAhUeBWMBHfLeCJ8Q6AEIKTAA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?id=z-MveCwAAQBAJ&pg=PA68&dq=Cain,+A.+(1983).+A+study+of+pets+in+the+family+system&hl=p-t-PT&sa=X&ved=0ahUKEwic-NWWsLfkAhUeBWMBHfLeCJ8Q6AEIKTAA#v=onepage&q&f=false)

Tannenbaum, J. (1993). Veterinary Medical Ethics: A Focus of Conflicting Interests. *Journal of Social Issues*, 49(1), 143–156. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1993.tb00914.x>

The British Museum. (sem data). Cartonnage. Obtido 9 de Agosto de 2019, de British Museum website: https://www.britishmuseum.org/research/collection_online/collection_object_details.aspx?objectId=170683&partId=1

Thrusfield, M. V. (2007). *Veterinary epidemiology* (3. ed., reissued in paperback with updates). Oxford: Blackwell Science.

Toohey, A. M., Hewson, J. A., Adams, C. L., & Rock, M. J. (2018). Pets, social participation, and aging-in-place: Findings from the Canadian Longitudinal Study on Aging. *Canadian Journal on Aging/ La Revue Canadienne Du Vieillissement*, 37(2), 200–217. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.1017/S0714980818000107>

Torres, K., Staśkiewicz, G., Śnieżyński, M., Drop, A., & Maciejewski, R. (2011). Application of rapid prototyping techniques for modelling of anatomical structures in medical training and education. *Folia morphologica*, 70(1), 1–4.

Tripp, S. D., & Bichelmeyer, B. (1990). Rapid prototyping: An alternative instructional design strategy. *Educational Technology Research and Development*, 38(1), 31–44. <https://doi.org/10.1007/BF02298246>

UC Davis (2017, Dezembro 12). BME students design 3D printed mask as cast for fractured dog skull. *Biomedical Engineering*. <https://bme.ucdavis.edu/news/bme-students-design-3d-printed-mask-cast-fractured-dog-skull>

Update on Augie The Green Sea Turtle. (2014, Fevereiro 3). NC State University. <https://www.camal.ncsu.edu/2014/02/03/update-on-augie-the-green-sea-turtle/>

Upgrade your OPRA™ Implant System to e-OPRA. (sem data). Obtido 8 de Agosto de 2019, de Integrum website: <https://integrum.se/opra-implant-system/e-opra/>

- Van der Linden, Júlio Carlos de Souza, Lacerda, André Pedroso de, & Aguiar, João Pedro Ornaghi de. (2010). A Evolução dos Métodos Projetuais. 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento Em Design. Obtido de https://www.academia.edu/10897897/A_evolu%C3%A7%C3%A3o_dos_m%C3%A9todos_projetuais
- Van Tiggelen, R. (2001). Since 1895, orthopaedic surgery relies on xray imaging: A historical overview from discovery to computed tomography. *Acta Orthopaedica Belgica*, 67(4), 317–329.
- Vasconcelos, P., Lino, F. J., & Neto, R. (2001). O fabrico rápido de ferramentas ao serviço da engenharia concorrente. *Tecnometal*, 136, 17–21.
- Vasilescu, V. G., Sandu, I., Nemtoi, G., Sandu, A. V., Popescu, V., Vasilache, V., ... Vasilescu, E. (2017). The reactivity of Ti10Zr alloy in biological and electrochemical systems in the presence of chitosan. *RSC Advances*, 7(23), 13919–13927. <https://doi.org/10.1039/C7RA00231A>
- Vaughan, D. (2017). Pets and Prosthetics: Growing Interest, Advancing Technology. *American Veterinarian*. Obtido de <http://www.americanveterinarian.com/journals/amvet/2017/june2017/pets-and-prosthetics-growing-interest-advancing-technology>
- Verlinden, J. C., De Smit, A., Peeters, A. W., & van Gelderen, M. H. (2003). Development of a flexible augmented prototyping system.
- Veltkamp, J., & Rose, D. L. (2017). Beauty and the Beak. *Birds of Prey Northwest*. <https://www.birdsofpreynorthwest.org/beauty-and-the-beak>
- Vesalius, A. (1568). *Andrae Vesalii Bruxellensis, ... De humani corporis fabrica libri septem. Cum indice rerum & uerborum memorabilium locupletissimo*. Obtido de http://archive.org/details/bub_gb_5Xby3nxU3XMC
- Veterinary Orthotics-Prosthetics Directory. (sem data). Obtido 14 de Outubro de 2019, de Tamarack Habilitation Technologies, Inc. website: <https://tamarackhti.com/resources/animalopdirectory/>
- Videla, M. D. (2017). ¿Qué es una mascota? Objetos y Miembros de la Familia. *Revista Ajayu de Psicología*, 15(1), 53–69.
- Voith, V. L. (2009). The Impact of Companion Animal Problems on Society and the Role of Veterinarians. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 39(2), 327–345. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2008.10.014>
- Vormbrock, J. K., & Grossberg, J. M. (1988). Cardiovascular effects of human-pet dog interactions. *Journal of behavioral medicine*, 11(5), 509–517.
- Walsh, F. (2009). Human-Animal Bonds II: The Role of Pets in Family Systems and Family Therapy. *Family Process*, 48(4), 481–499. <https://doi.org/10.1111/j.1545-5300.2009.01297.x>

- Walsh, P. G., Mertin, P. G., Verlander, D. F., & Pollard, C. F. (2010). The effects of a 'pets as therapy' dog on persons with dementia in a psychiatric ward. *Australian Occupational Therapy Journal*, 42(4), 161–166. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1630.1995.tb01331.x>
- Warren, R. (2017, Dezembro 6). 3D printed mask serves as cast for fractured dog skull. Davis Enterprise. <https://www.davisenterprise.com/local-news/ucd/3d-printed-mask-serves-as-cast-for-fractured-dog-skull/>
- Waurzyniak, P. (2009, Julho 1). Masters of Manufacturing: Herbert B. Voelcker. Obtido 1 de Agosto de 2019, de Advanced Manufacturing website: <https://advancedmanufacturing.org/masters-manufacturing-herbert-b-voelcker/>
- Wilkes, J. K. (2009). The role of companion animals in counseling and psychology: Discovering their use in the therapeutic process. Springfield, Ill: Charles C. Thomas.
- Williams, D. F. (1987). Tissue-biomaterial interactions. *Journal of Materials Science*, 22(10), 3421–3445. <https://doi.org/10.1007/BF01161439>
- Williams, D. F. (1999). The Williams dictionary of biomaterials. Liverpool: Liverpool University Press.
- Wilson, C. C. (Ed.). (1998). Companion animals in human health. Thousand Oaks: Sage.
- Wilson Jr., A. B. (1974). Vacuum Forming Of Plastics In Prosthetics And Orthotics. *Orthopedic & Prosthetic Appliance Journal*, 28(1), 12–20.
- Wilson, S. (2001). Animals and Ethics. The Internet Encyclopedia of Philosophy (IEP). Obtido de <https://corescholar.libraries.wright.edu/philosophy/5>
- With 3D Printing, This Cat May Be Able to Walk Again. (2015, Outubro 29). Formlabs. <https://formlabs.com/blog/3d-printed-leg-brace-for-cat/>
- Wong, M. S., Hassan Beygi, B., & Zheng, Y. (2019). Materials for Exoskeletal Orthotic and Prosthetic Systems. Em *Encyclopedia of Biomedical Engineering* (pp. 352–367). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.11040-2>
- Wood, L., Giles-Corti, B., & Bulsara, M. (2005). The pet connection: Pets as a conduit for social capital? *Social Science & Medicine*, 61(6), 1159–1173. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2005.01.017>
- Wright, H., Hall, S., Hames, A., Hardiman, J., Mills, R., PAWS Project Team, & Mills, D. (2015). Pet Dogs Improve Family Functioning and Reduce Anxiety in Children with Autism Spectrum Disorder. *Anthrozoös*, 28(4), 611–624. <https://doi.org/10.1080/08927936.2015.1070003>
- Wright, R., & Keith, L. (2014). Wearable Technology: If the Tech Fits, Wear It. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 11(4), 204–216. <https://doi.org/10.1080/15424065.2014.969051>

Yeates, J., & Savulescu, J. (2017). Companion Animal Ethics: A Special Area of Moral Theory and Practice? *Ethical Theory and Moral Practice*, 20(2), 347–359. <https://doi.org/10.1007/s10677-016-9778-6>

Yunt, J. D. (2019). Suffering, Empathy, and Ecstasy: Animal Liberation as the Furthest Reaches of our Moral Evolution.

Zilcha-Mano, S., Mikulincer, M., & Shaver, P. R. (2011). An attachment perspective on human–pet relationships: Conceptualization and assessment of pet attachment orientations. *Journal of Research in Personality*, 45(4), 345–357. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2011.04.001>

Anexos

Anexo A - Desenhos Técnicos

Prótese Gato

Desenho 1/3- Vistas gerais ER8

Desenho 2/3 - Componentes ER8

Desenho 3/3- Funcionamento ER8

Auxiliar de Locomoção com Rodas Cão

Desenho 1/3- Vistas gerais Uzi wheelchair

Desenho 2/3- Componentes Uzi wheelchair

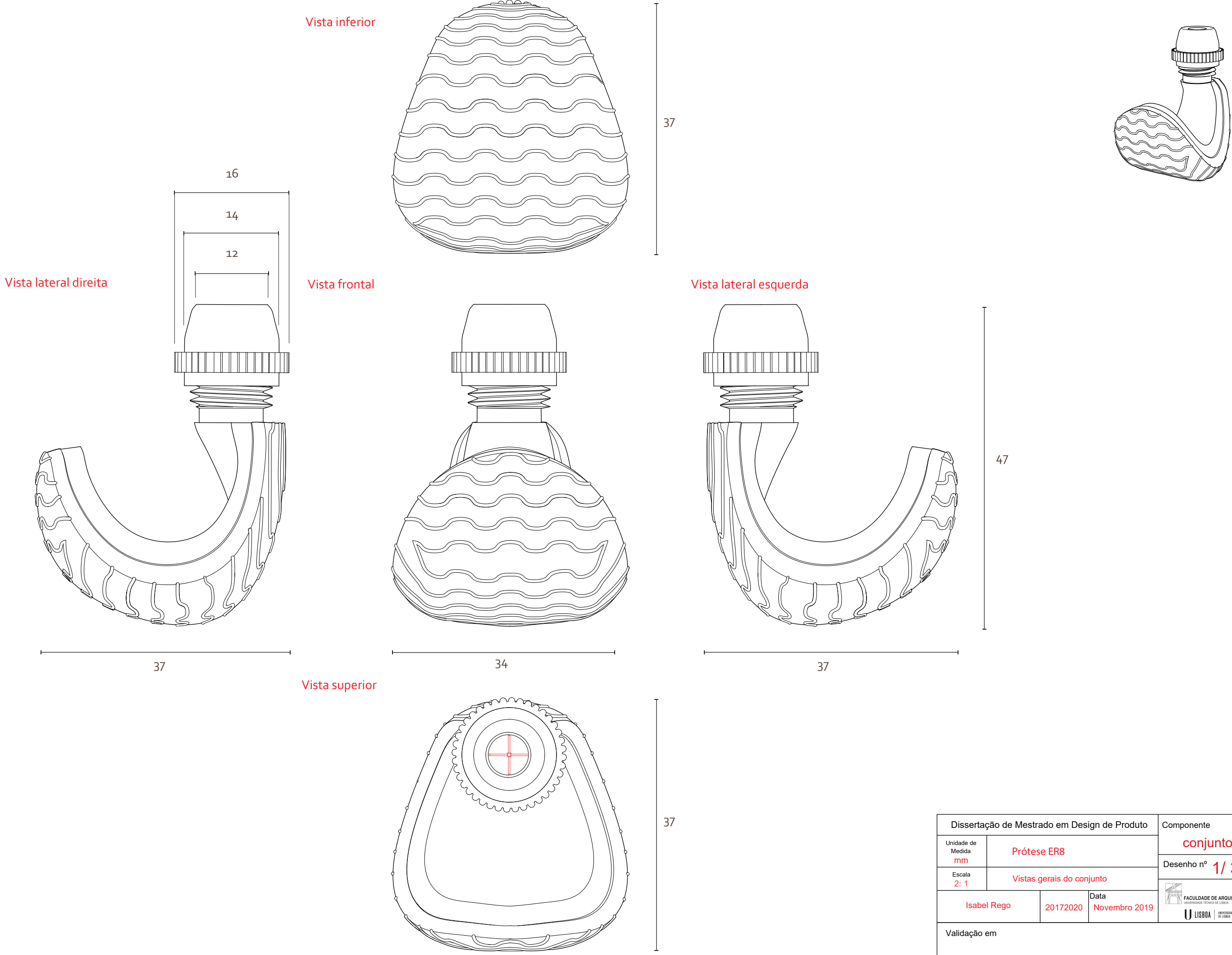
Desenho 3/3- Funcionamento Uzi wheelchair

Prótese Cão

Desenho 1/3- Vistas gerais prótese Thor (protótipo)

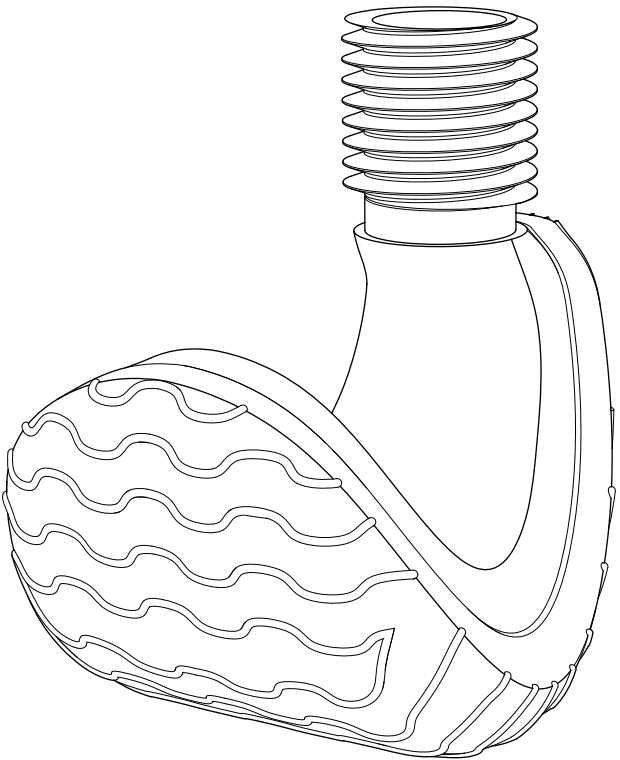
Desenho 2/3- Componentes prótese Thor (protótipo)

Desenho 3/3- Funcionamento prótese Thor (protótipo)



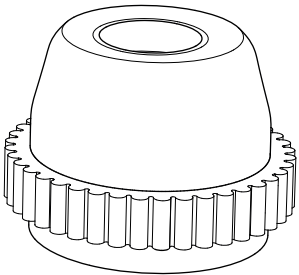
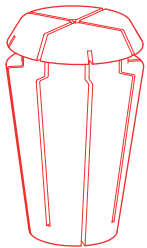
Dissertação de Mestrado em Design de Produto			Componente
Unidade de Medida mm	Prótese ER8		conjunto
Escala 2: 1	Vistas gerais do conjunto		Desenho nº 1 / 3
Isabel Rego		20172020	<div><div></div><div>FACULDADE DE ARQUITECTURA UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA</div></div> <div><div>U LISBOA</div><div>UNIVERSIDADE DE LISBOA</div></div>
Validação em			

zona de encaixe da
pinça ER8

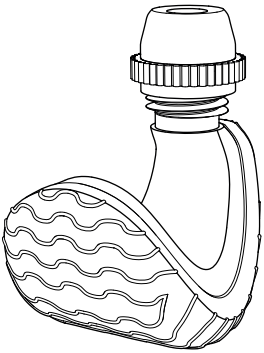




Sola antiderrapante
em TPU ou TPE

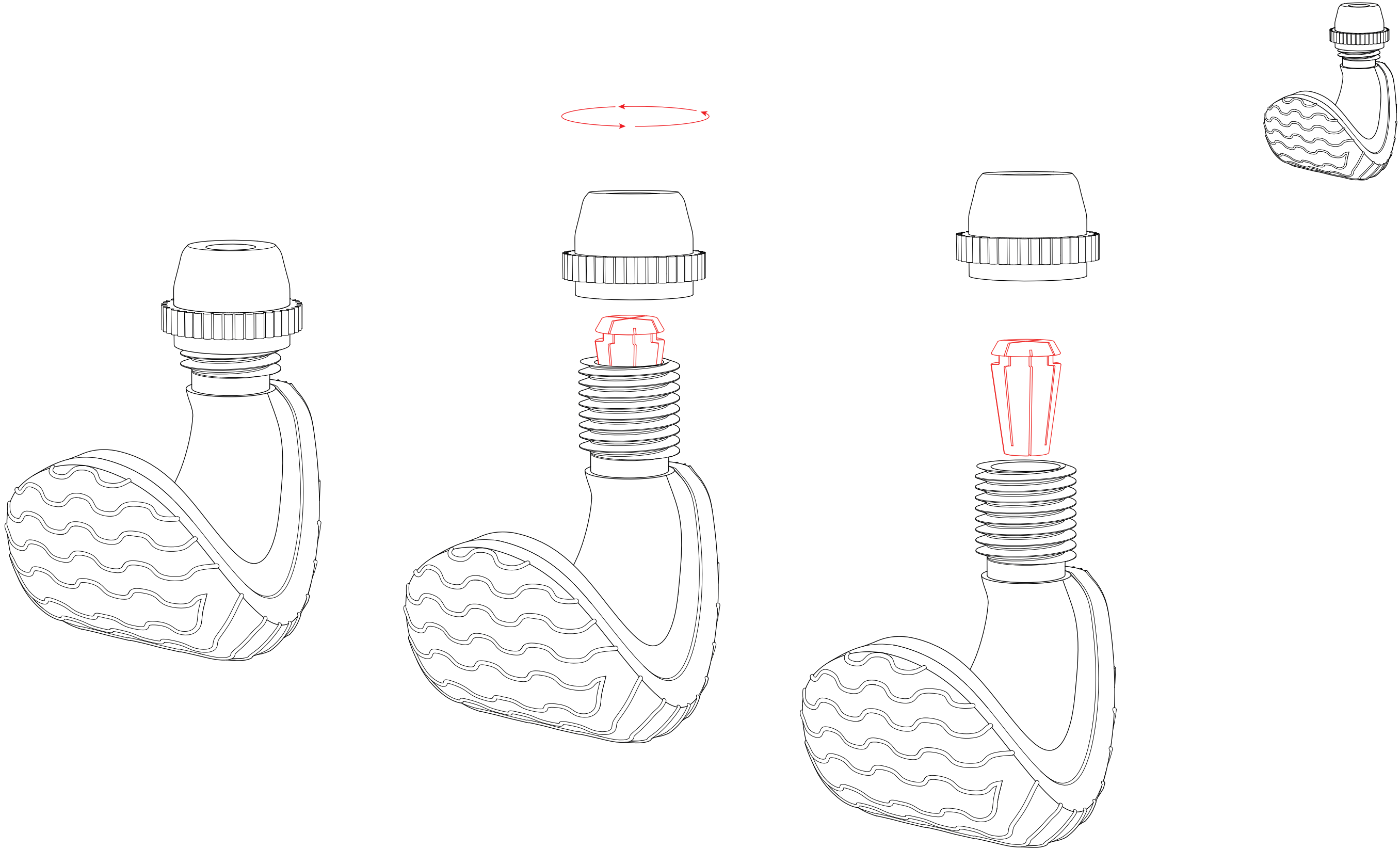
Pinça ER8 entre
1mm e 5.5 mm



Tampa em alumínio

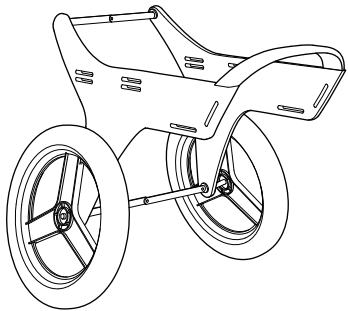
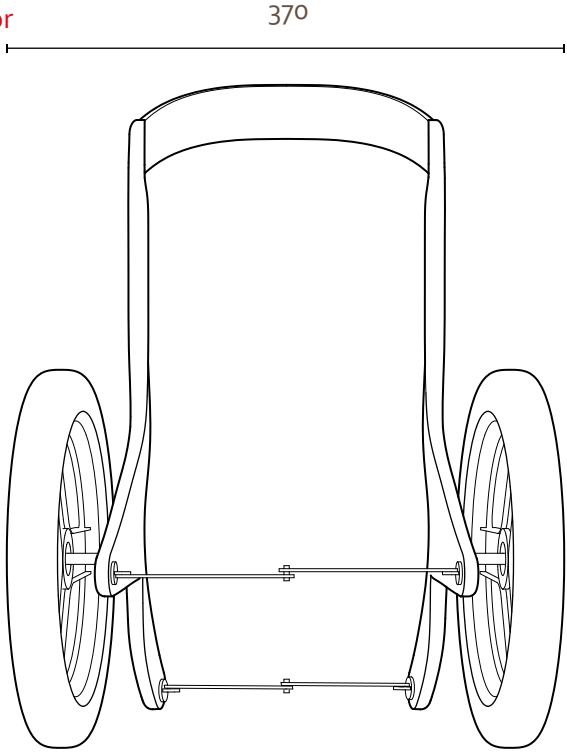


Dissertação de Mestrado em Design de Produto				Componente Conjunto Desenho nº 2 / 3  FACULDADE DE ARQUITECTURA UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA  LISBOA UNIVERSIDADE DE LISBOA
Unidade de Medida mm	Prótese ER8			
Escala 2 : 1	Componentes			
Isabel Rego		20172020	Data Novembroo 2019	
Validação em				

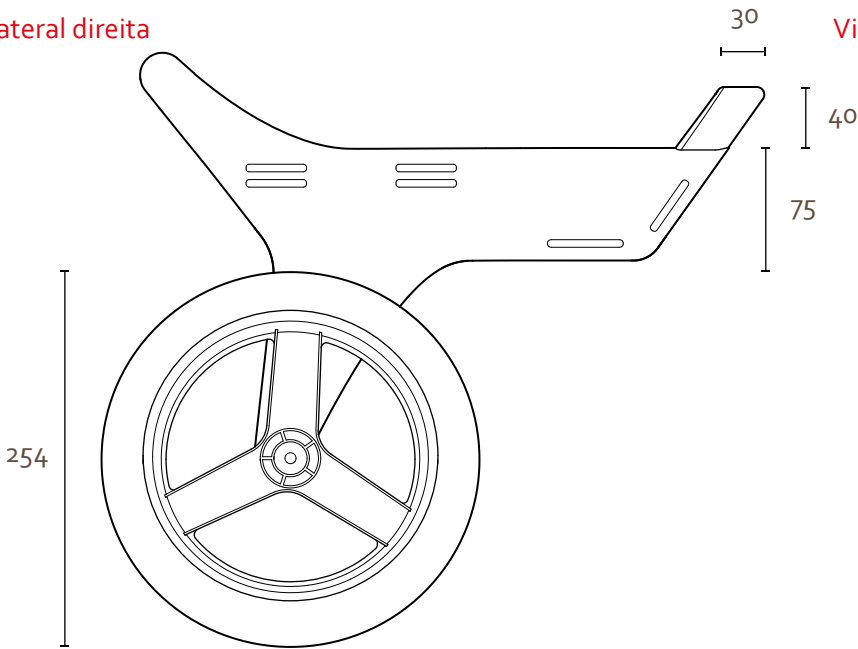


Dissertação de Mestrado em Design de Produto			Componente	
Unidade de Medida mm	Prótese ER8		Conjunto	
Escala 2 : 1	Funcionamento		Desenho nº 3/ 3	
Isabel Rego		20172020	Data	Novembro 2019
Validação em				

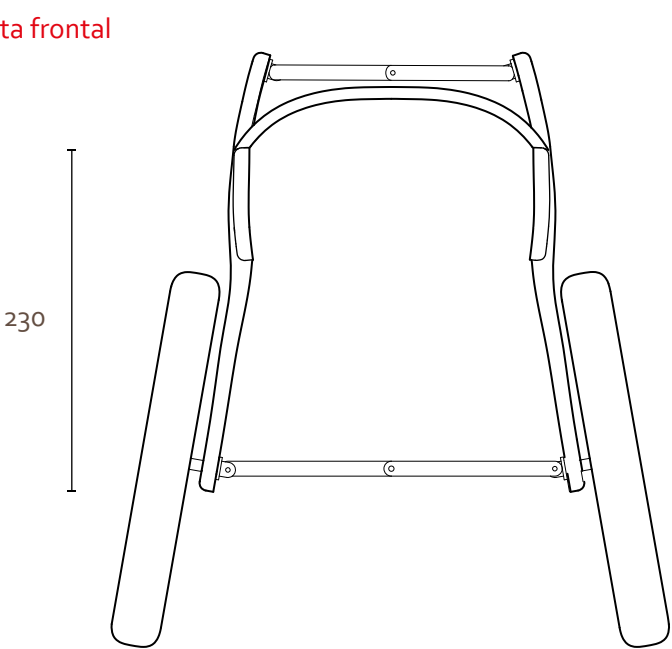
Vista inferior



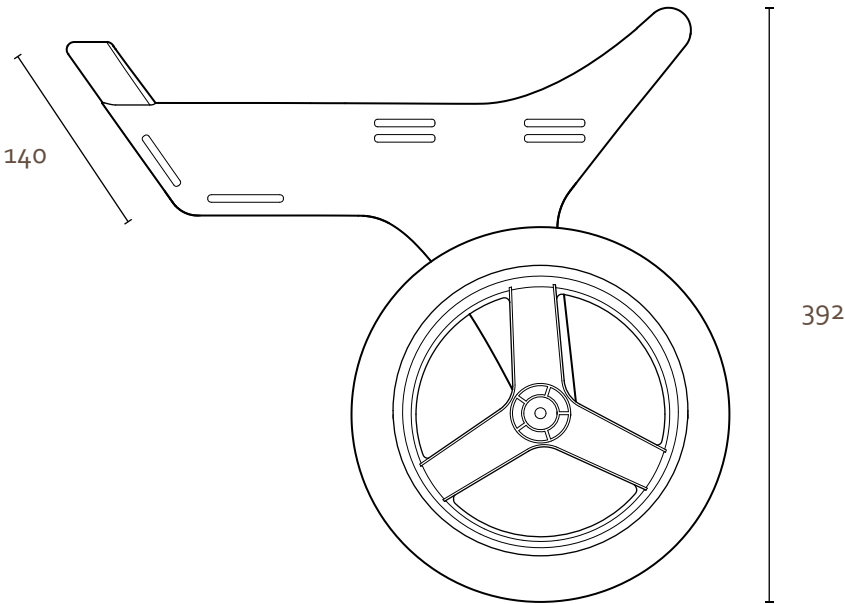
Vista lateral direita



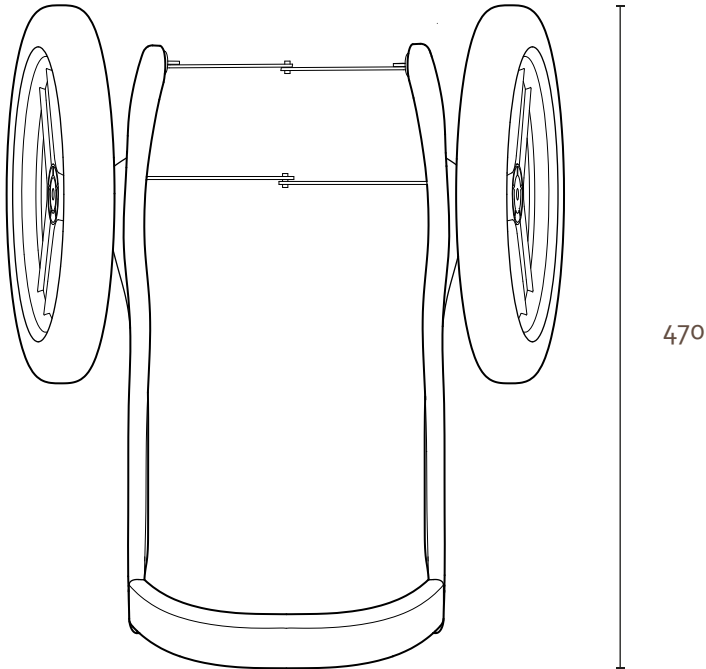
Vista frontal



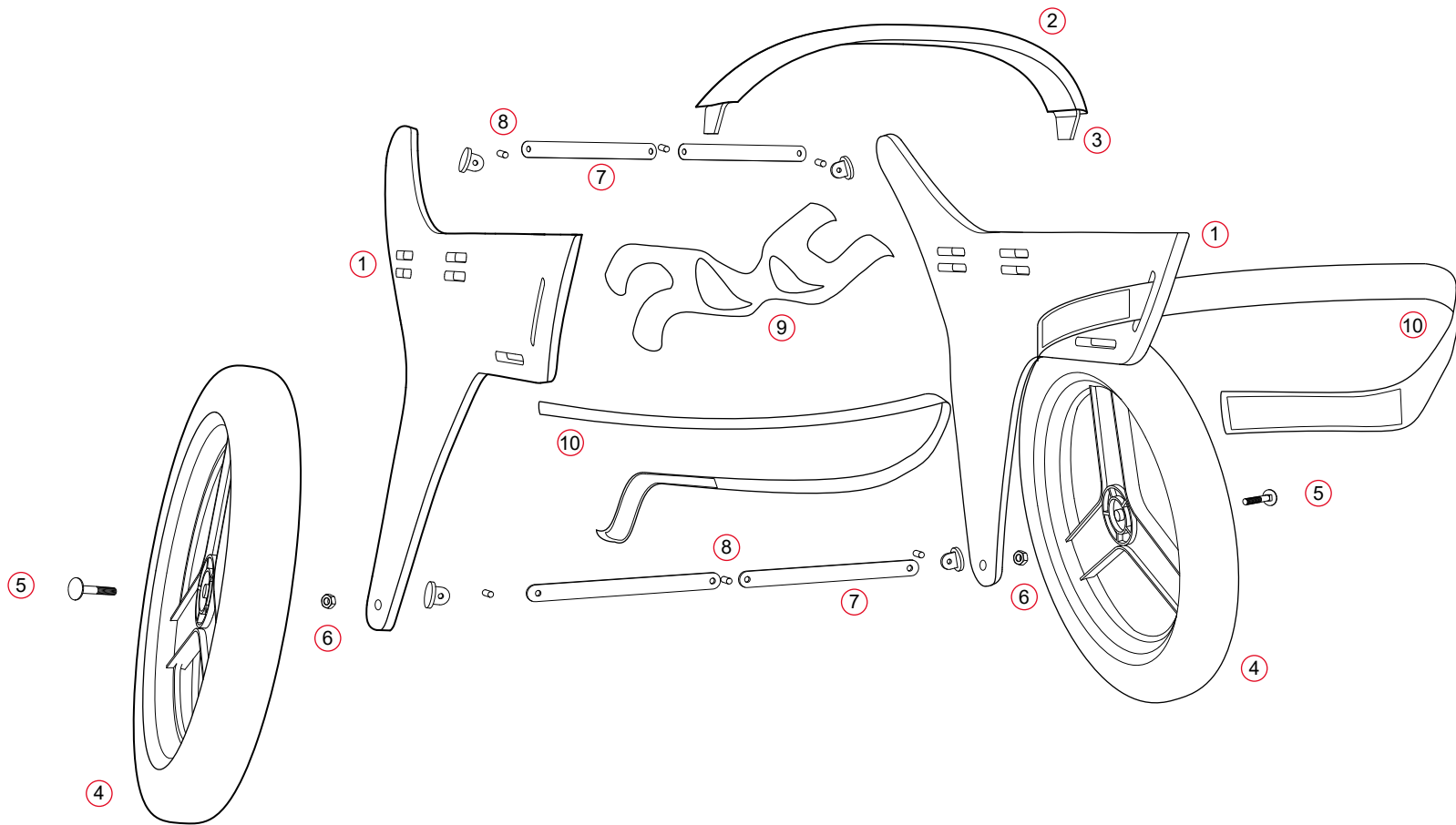
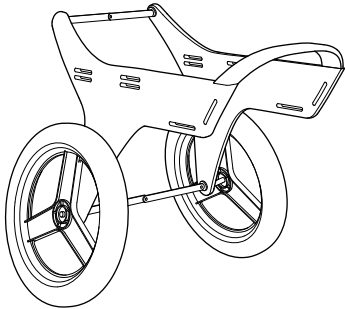
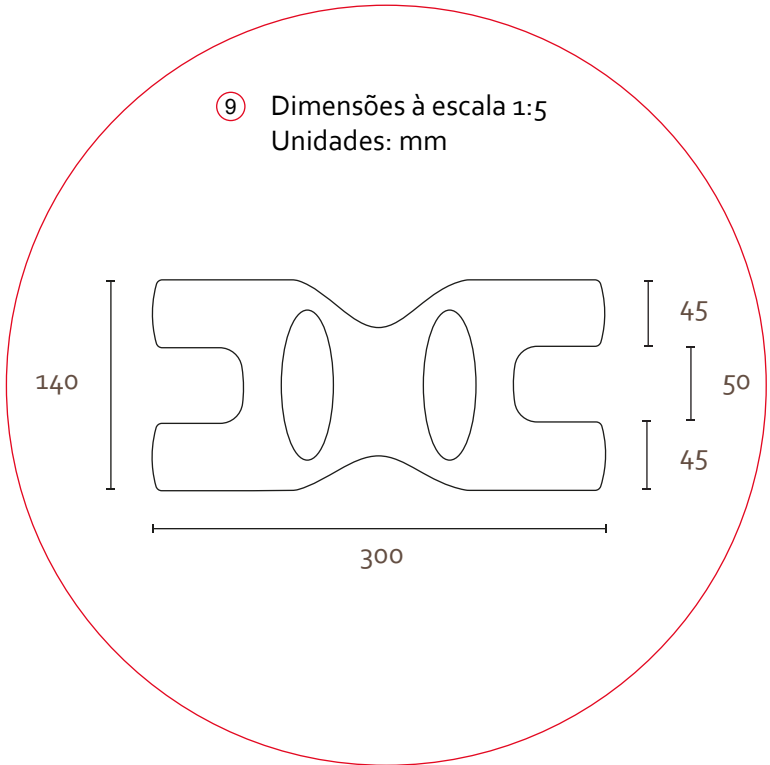
Vista lateral esquerda



Vista superior





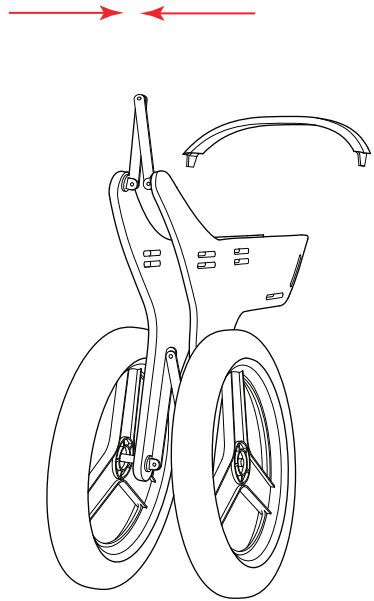
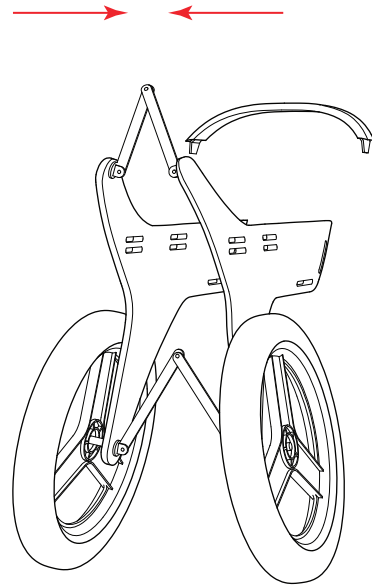
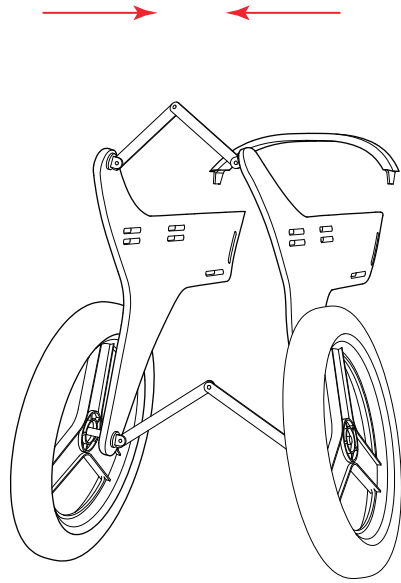
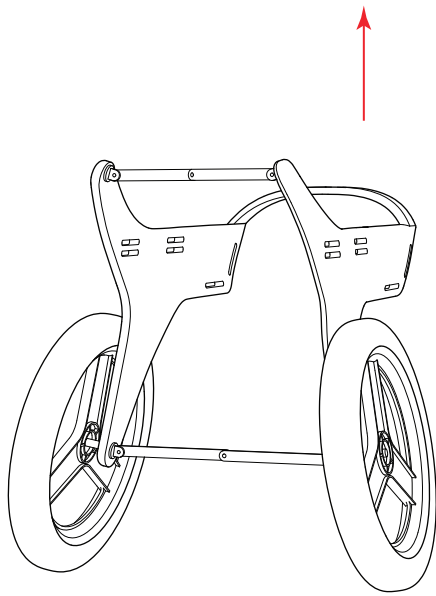
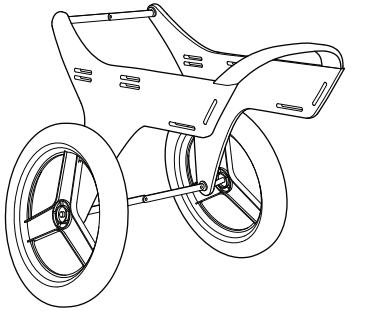
Dissertação de Mestrado em Design de Produto			Componente
Unidade de Medida mm	Uzi Wheelchair		conjunto
Escala 1: 5	Vistas gerais		Desenho nº 1/ 3
Isabel Rego	20172020	Data Dezembro 2019	 FACULDADE DE ARQUITECTURA UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA U LISBOA UNIVERSIDADE DE LISBOA
Validação em			






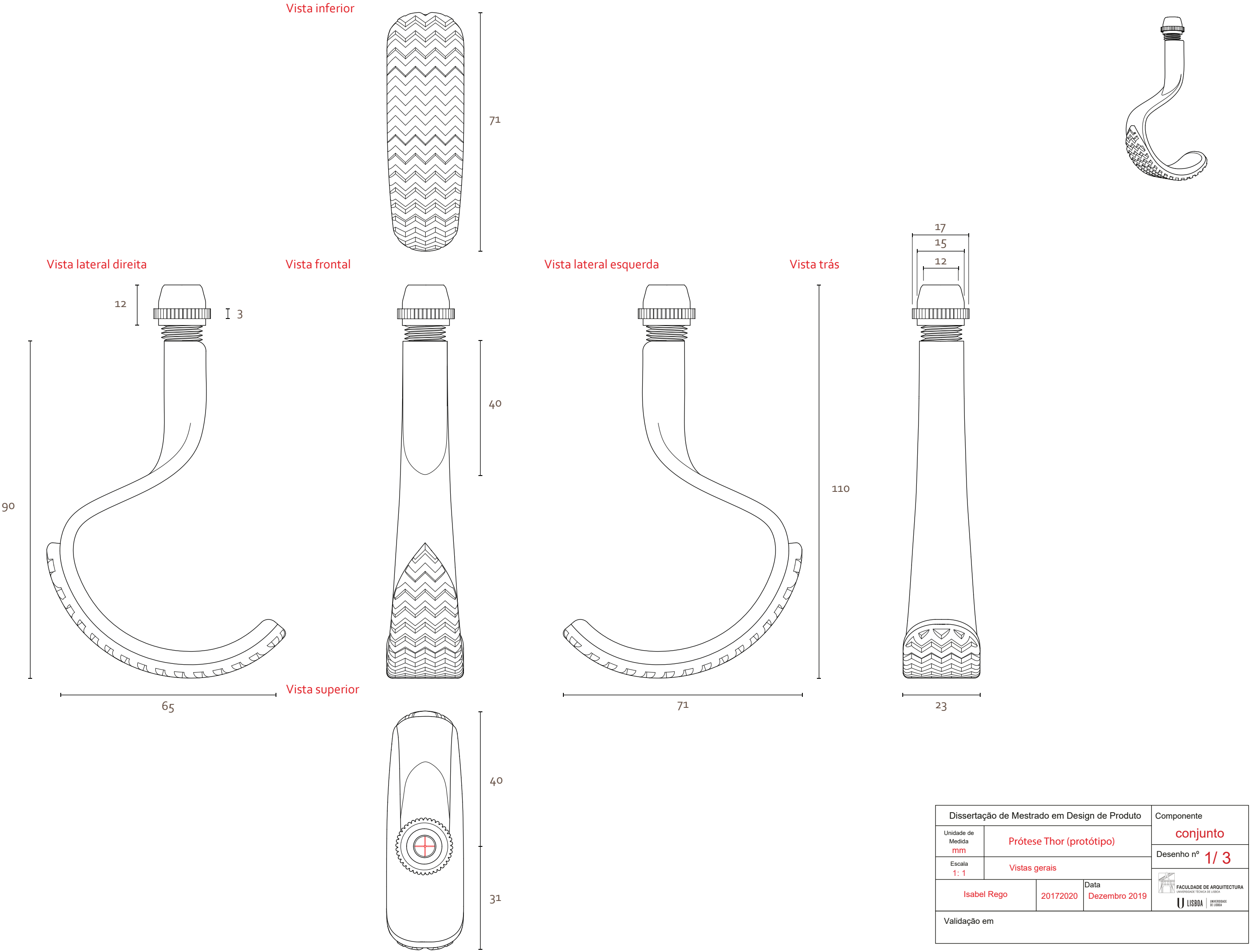
Mapa de componentes

- 1 Laterais em fibra de vidro
- 2 Arco superior destacavel em fibra de vidro
- 3 Encaixe em aço
- 4 Rodas de 10" com pneu em PU
- 5 Parafuso M8
- 6 Porca M8
- 7 Mecanismo colapsavel em aço
- 8 Rebits para união
- 9 Suporte em neoprene
- 10 Cintas de contenção em neoprene com velcro

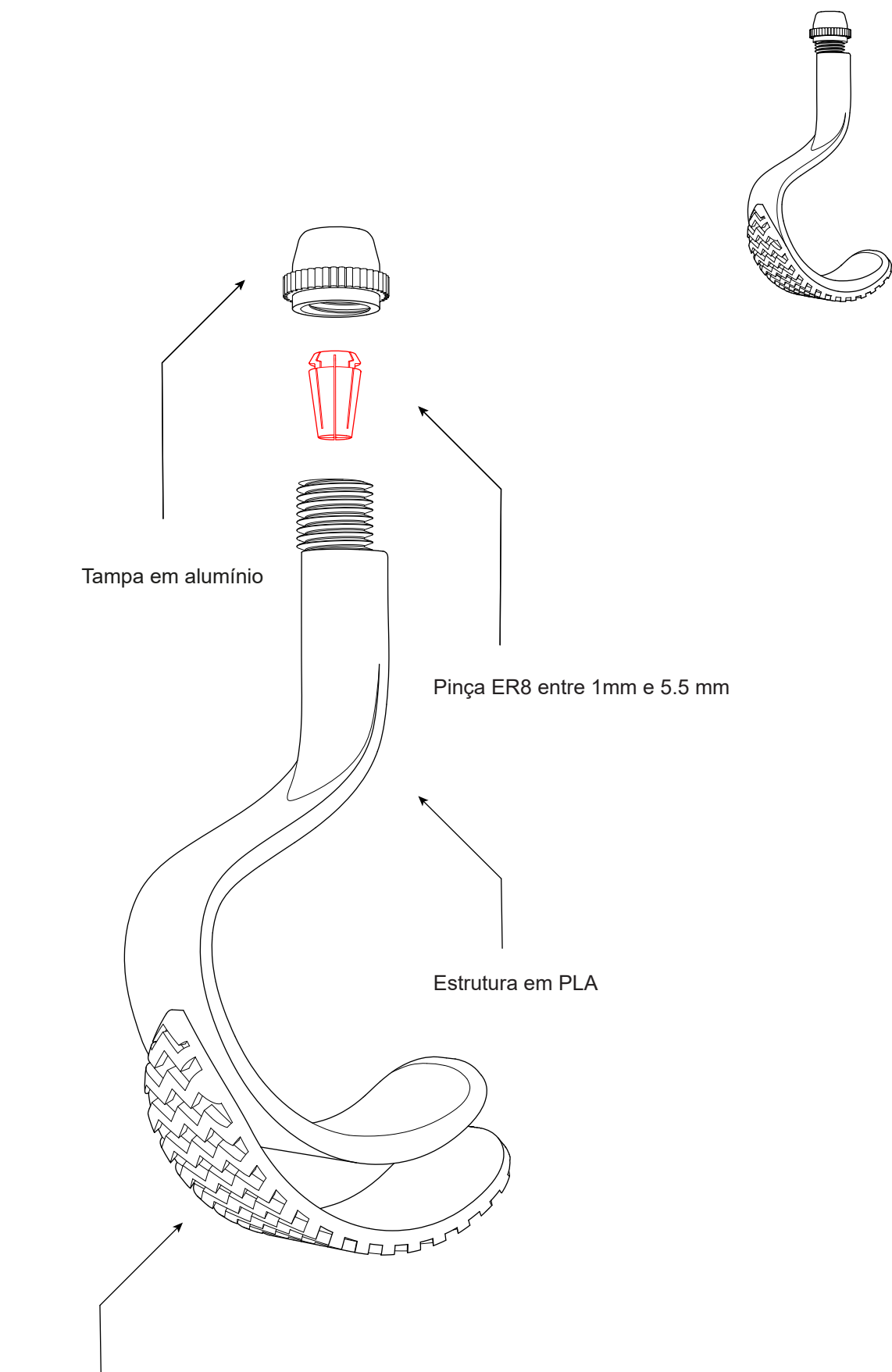
Dissertação de Mestrado em Design de Produto			Componente
Unidade de Medida mm	Uzi Wheelchair		conjunto
Escala S.E.	Componentes		Desenho nº 2/ 3
Isabel Rego		20172020	<div><div>FACULDADE DE ARQUITECTURA UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA</div><div><div>LISBOA UNIVERSIDADE DE LISBOA</div></div></div>
Validação em			



Dissertação de Mestrado em Design de Produto				Componente conjunto Desenho nº 3/ 3  <div>FACULDADE DE ARQUITECTURA UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA</div> <div> LISBOA  UNIVERSIDADE DE LISBOA</div>
Unidade de Medida	Uzi Wheelchair			
Escala S.E.	Funcionamento			
Isabel Rego		20172020	Data Dezembro 2019	
Validação em				

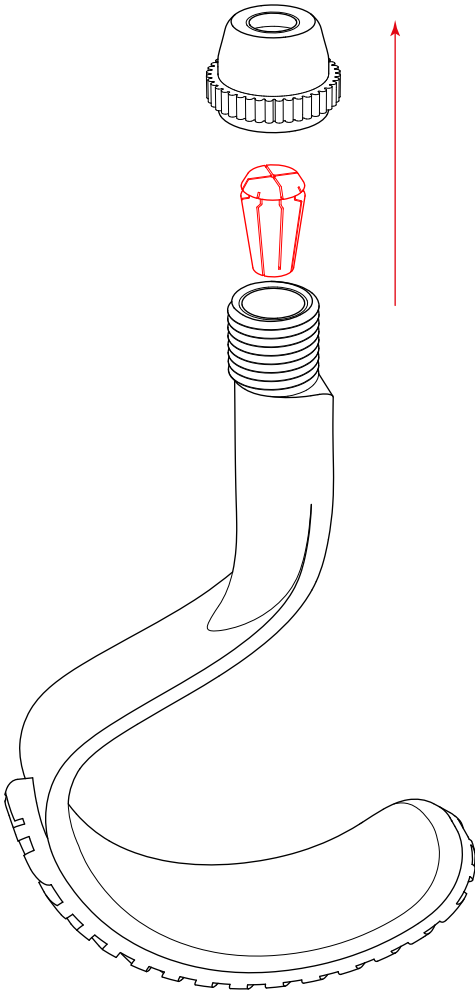
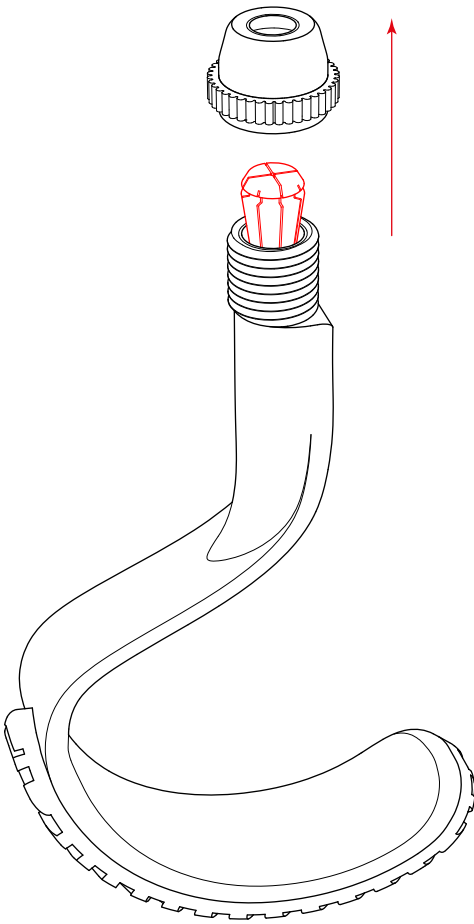
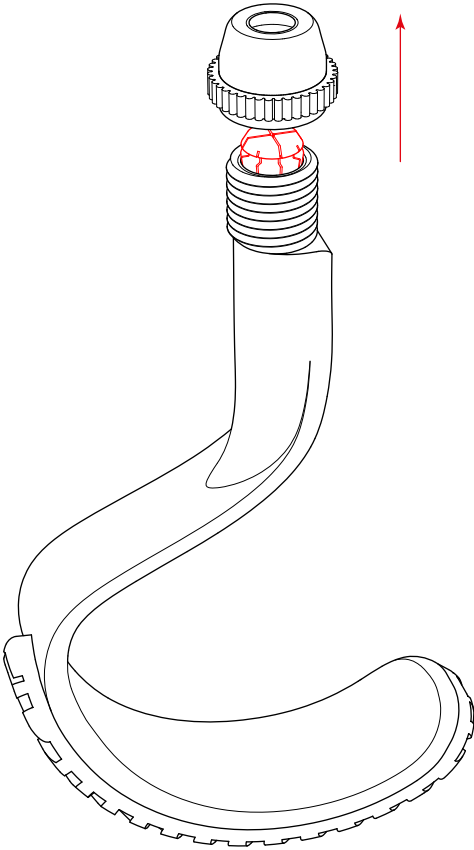
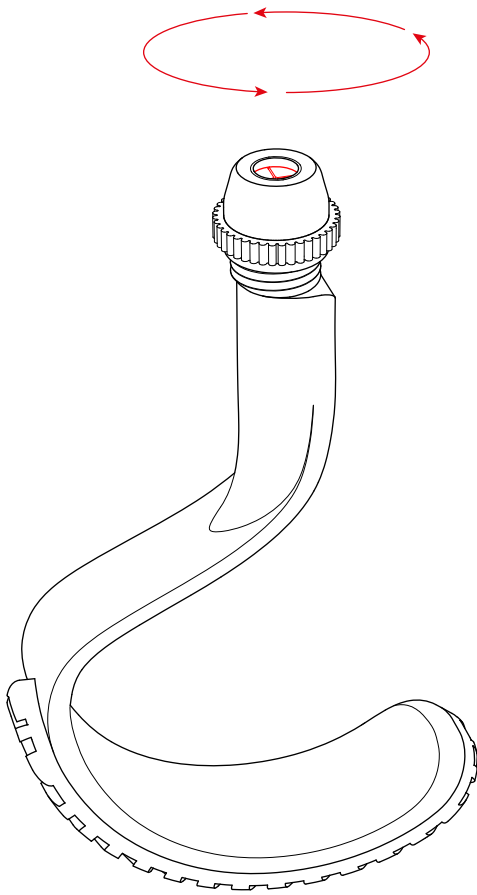
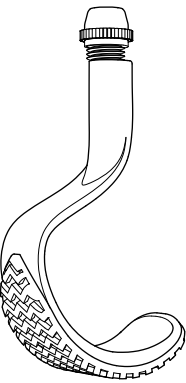


Dissertação de Mestrado em Design de Produto			Componente
Unidade de Medida	Prótese Thor (protótipo)		conjunto
Escala	Vistas gerais		Desenho nº 1/ 3
Isabel Rego	20172020	Data Dezembro 2019	 FACULDADE DE ARQUITECTURA UNIVERSIDADE DE LISBOA
Validação em			



Sola antiderrapante
em TPU ou TPE

Dissertação de Mestrado em Design de Produto			Componente
Unidade de Medida mm	Prótese Thor (protótipo)		conjunto
Escala s.e.	Componentes		Desenho nº 2/ 3
Isabel Rego		20172020	Data Dezembro 2019
<div><div><div>FACULDADE DE ARQUITECTURA UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA</div></div><div><div>U LISBOA</div></div><div><div>UNIVERSIDADE DE LISBOA</div></div></div>			
Validação em			



Dissertação de Mestrado em Design de Produto			Componente
Unidade de Medida mm	Prótese Thor (protótipo)		conjunto
Escala s.e.	Funcionamento		Desenho nº 3/ 3
Isabel Rego		20172020	<div><div>FACULDADE DE ARQUITECTURA UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA</div><div>U LISBOA UNIVERSIDADE DE LISBOA</div></div>
Validação em			

Anexo B - Tabela de Testes e Materiais

	3D FDM																		SLA				CNC	
	PLA	Obs.	ABS	Obs.	PET G	Obs.	PET-G lado	Obs.	Nyl lado	Obs.	Nyl + Carb lado	Obs.	TPU cores	Obs.	TPU t r a nsl	Obs.	TPE amarelo	Obs.	Dura ble	Obs.	Flex ible	Obs.	AL	Obs.
P0 Interior	4g	Quebra nas layers	4g	Quebra nas layers Não flexível	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P0 Exterior	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5g	Demasiado rígido	x	x	x	x	x	x	x	x
P1 Interior	6g	Quebra nas layers horizontais	x	x	5g	Quebra nas layers horizontais	5g	Bom resultado	5g	Suportes solúveis ok	5g	Excelente resistência, fraco acabamento	x	x	x	x	x	x	6g	Excelente resistência e acabamento	x	x	x	x
P1 Exterior	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4g	Bom resultado acabamento imperfeito	x	x	x	x	x	x	4g	Excelente textura e acabamento fraca duração	x	x
R2 Interior	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5g	Excelente resistência, fraco acabamento	x	x	x	x	x	x	6g	Excelente resistência e acabamento	x	x	x	x
R2 Exterior	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4g	Bom resultado acabamento imperfeito	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RR Interior	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	7g	Excelente resistência e acabamento	x	x	x	x
RR Exterior	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4g	Bom resultado acabamento imperfeito	x	x	x	x	x	x		x	x	x
RR Tampa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1g	Quebra com a utilização		x	x	x
ER8 Interior	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5.5g	Excelente resistência fraco acabamento	x	x	x	x	x	x	5.5g	Excelente resistência e acabamento	x	x	x	x
ER8 Exterior	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4.5g	Bom resultado, acabamento imperfeito	x	x	4.5g	Excelente resultado e aderencia	x	x	x	x	x	x
ER8 Tampa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2.5g	Excelente resultado	

Anexo C - Pareceres

Lisboa, 03 de Outubro de 2019

Parecer

Eu, Henrique Mário da Silva Armés, director clínico e gerente do Hospital Veterinário de São Bento, Lda, responsável pelo departamento cirurgia ortopédica, sou a apresentar o seguinte parecer:

Após ensaio clínico da Exo-prótese desenhada no âmbito do trabalho de mestrado de Isabel Rego, foi observado o seguinte desempenho:

- Obedece à biomecânica elementar do animal - gato.
- Melhora a mobilidade dos membros posteriores, amputados pela tibia.
- Utiliza materiais biocompatíveis.
- Não coloca em causa a segurança e integridade física do utilizador.
- Utiliza um sistema de encaixe fácil de manusear.
- Assegura a aderência da prótese com o piso.
- Utiliza um material estrutural, resistente a forças de fadiga.
- Permite um desempenho estético agradável.
- Apresenta um peso inferior a 20g, biologicamente tolerado.
- Foi obtida através de tecnologias de prototipagem rápida, permitindo a sua execução de forma momentânea.
- Composta por materiais laváveis.
- Demonstrou uma resistência ao desgaste/stress superior a 3 meses, assumindo que a utilização mantém os padrões normais de movimentação feline "Indoor".
- Economicamente acessível.

Nota:

O "Exo-elemento" desenhado acrescenta uma solução à prática cirúrgica/ortopédica de excecional valia na recuperação do membro parcialmente amputado, porque permite a reabilitação de felinos que de outra forma possuiriam um ambulatório muito limitado.

Por este motivo e por mérito da mestranda Isabel, e para que conste em seu favor, reconheço excelência no desenvolvimento deste exo-implante.



Henrique Armés, DVM,MS, MBA, PhD
Director Clínico

Doutorado UAB
Prof. FMV-ULHT
Hospital Veterinário de São Bento
Rua de São Bento, N°358
1200-822 LISBOA

O trabalho apresentado pela Isabel Rego, é o espelho de como o Design está em todo o lado.

Como Médico Veterinário tenho acompanhado todo este processo desde o seu início, validando e incentivando o seu desenvolvimento.

Entendo que apesar de não ser por agora de uma utilidade "mainstream", será no futuro uma opção válida e de utilização mais vasta.

Sei que não é um caminho fácil, os obstáculos serão imensos quer a nível de escolha de materiais a usar, quer ao nível do conhecimento da biomecânica que será certamente uma questão individual "animal a animal" e caso a caso, no entanto este é um aspecto desafiante e que mantém em constante evolução este tipo de produto.

Esta será na minha opinião uma solução que concerteza irá proporcionar uma melhor qualidade de vida a inúmeros animais de companhia, facilitando-lhes uma melhor mobilidade, assim como aos seus detentores pois terão a percepção de qualidade de vida dos seus animais de companhia.

Devo referir que este tipo de produto, não evolui isoladamente, será de todo o interesse, integrar neste projecto todos os seus intervenientes, tais como o designer, o médico veterinário ortopedista, os detentores dos animais, e até talvez os fornecedores de materiais, de modo a que a sua evolução se dê de um modo mais rápido e eficaz.

Jorge Mineiro

Médico Veterinário

A handwritten signature in black ink, reading "Jorge Mineiro", written in a cursive style.

